Abwasserklärschlamm im Dienste der Volkswirtschaft

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Staatswirtschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von

Dr.-Ing. Bernhard Rentsch
aus Nürnberg

Universitätsverlag von Robert Noske in Borna-Leipzig
1928

Referent: Geh. Rat Professor Dr. v. Zwiedineck-Südenhorst.

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Februar 1927.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Herrn Diplomingenieur

Bernhard Fischer

Ehrensenator der Technischen Hochschule Darmstadt

in Verehrung

gewidmet

Inhalt.

Seite

A. Vorwort . . . . . 1—2

B. Einleitung.

1. Kapitel: Fäkalienabfuhr und Verwertung in der Landwirtschaft . 3—9
Die Gruben. — Abfuhr. — Das Tonnensystem. — Unrentabilität der Fäkalienabfuhr.

C. Hauptteil.

2. Kapitel: Abwasserklärung und Abwasserklärschlamm. Behandlung des Schlammes . . . . . 9—14
Notwendigkeit der Abwasserklärung. — Methoden der Abwasserreinigung. — Schlammplage. — Behandlung des Klärschlammes. — Unzulänglichkeit der Maßnahmen.

3. Kapitel: Die technischen Verwertungsmethoden . . . . . 14—28
Verwertung als Düngemittel. — Frischschlamm oder Faulschlamm. — Vermengung mit Müll. — Stutzer-Menslersches Verfahren. — Nutzung des Heizwertes. — Heizeffekt. — Gasausbeute. — Vervollkommnung des Verfahrens. — Größerer Heizeffekt des Frischschlammes. — Das Kohlebreiverfahren. — Vermischung mit anderen Brennstoffen. — Fettgewinnung aus Klärschlamm. — Gasgewinnung aus Klärschlamm. — Gas aus Faulräumen. — Absatzmöglichkeit. — Gasmenge.

Die Bedeutung für die Volkswirtschaft.

4. Kapitel: Klärschlamm als Düngemittel . . . . . 29—34
5. Kapitel: Der Klärschlamm im Dienste der Moor- und Ödlandkultur 35—43
6. Kapitel: Abwasserklärschlamm und Industrie . . . . . 43—48
7. Kapitel: Die Fett- und Gasgewinnung als kommunale Einnahmequelle . . . . . 48—56
Fett. — Die Gasgewinnung.
8. Kapitel: Transportfragen . . . . . 56—63
9. Kapitel: Schlammverwertungsprobleme und Zweckverbände . . 63—66

D. Schlußwort . . . . . 66—69

A. Vorwort.

Eng greifen die Räder des Getriebes von Wirtschaft und Technik ineinander, und nur schwer kann oft bei den innigen Wechselbeziehungen die Grenze zwischen beiden gezogen werden. Die Prinzipien der ökonomischen Technik treten hier in Erscheinung und wollen als Ganzes behandelt sein. So ist es Aufgabe der vorliegenden Abhandlung, einen jener Grenzfälle zu erörtern, der um so mehr einer Klarlegung in wirtschaftlicher Hinsicht bedarf, als er bislang immer nur vom Standpunkte des Technikers beleuchtet wurde und bei dieser Einseitigkeit der Behandlung nicht deutlich die Ziele erkennen ließ, die sich durch den Ausbau der technischen Möglichkeiten für die Wirtschaft erreichen ließen.

Die Frage der Abfallbeseitigung und Verwertung ist zweifellos zu einem der wichtigsten und vielleicht auch schwierigsten Probleme der Kommunalwirtschaft geworden, und die Erledigung aller damit zusammenhängenden Fragen lag in den Händen des Ingenieurs. Nicht mit Recht, denn neben der rein technischen Lösung der Beseitigung hat sich auf Grund der Notlage des Volkes eine neue dringende Forderung ergeben: Die Nutzung von Stoffen, welche aus den großen Menschenpferchen, Städte genannt, täglich in gewaltigen Mengen abgeführt werden.

Somit muß der Wirtschafter auf den Plan treten und mitbestimmen bei der Regelung dieser neuen Aufgabe. Ihm obliegt es, die bei den verschiedenen Nutzungsmethoden durch den Techniker ermittelten Zahlen zu prüfen und zweckentsprechend zu verwerten.

Nur spärlich liefert die Fachliteratur für die Behandlung dieser Frage Material. Unendlich wertvoll sind deshalb die Angaben, die auf Grund eingehender praktischer Versuche von dem Münchner Kläranlagewerk gemacht werden. Freilich birgt die Verallgemeinerung dieser ermittelten Werte eine große Gefahr in sich, denn andere Verhältnisse in bezug auf Lage, Menge, nächste Umgebung usw. haben andere Möglichkeiten der Verwertung im Gefolge. In der Arbeit ist darauf Rücksicht genommen.

Eine erschöpfende Behandlung der zur Diskussion stehenden Frage oder vielleicht ein abschließendes Urteil ist unmöglich, da das Problem kaum entrollt ist und es sich hier um Fragen von der „Front" technischen und wirtschaftlichen Geschehens handelt. Zweck der Arbeit ist einmal darzutun, was bisher auf dem Gebiete der Schlammverwertung erreicht wurde, und andererseits einen Hinweis auf die Möglichkeit der Weiterentwicklung zu liefern.

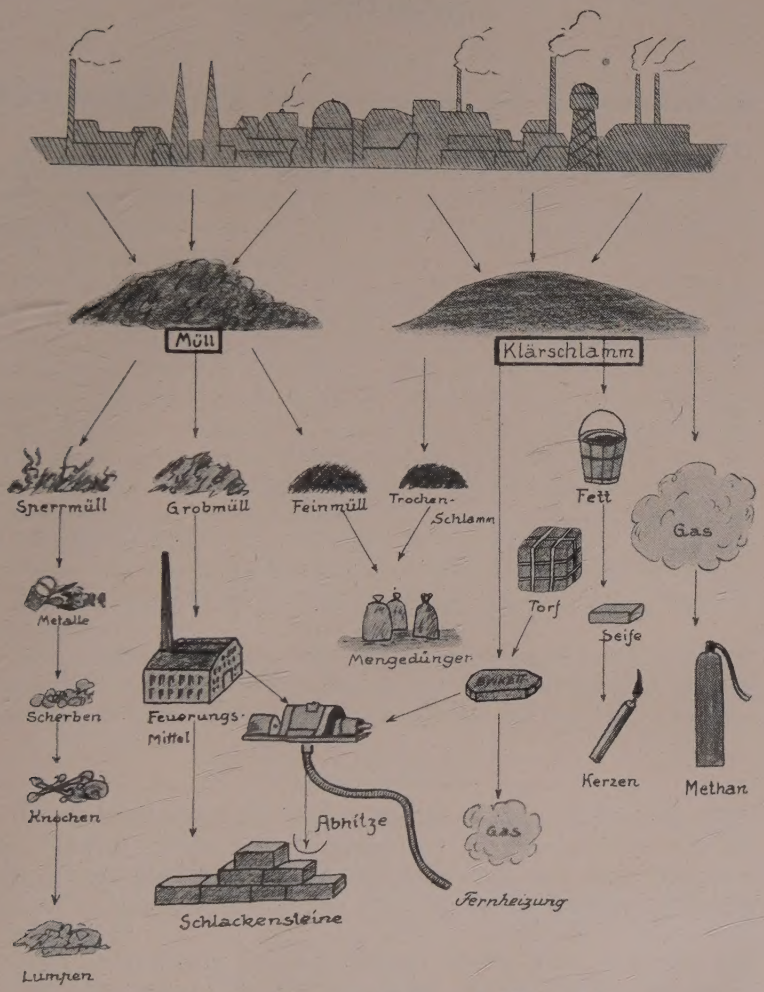
Wenn der technische Teil in der ersten Hälfte der vorliegenden Arbeit für eine volkswirtschaftliche Untersuchung einen ziemlich breiten Raum einnimmt, so ist der Grund dafür eben in dem Umstande zu erblicken, daß die Technik in der hier behandelten Frage eine ausschlaggebende Rolle spielt und daß ferner von dem Volkswirtschafter zuviel Spezialkenntnis auf dem Gebiete der Chemie, des städtischen Tiefbaues, der Hygiene usw. vorausgesetzt werden müßten, falls der erste, in der Hauptsache fachtechnische Teil eine weitere Einschränkung erfahren oder überhaupt in Wegfall kommen sollte. Dem Charakter einer volkswirtschaftlichen Abhandlung wurde ohnedies dadurch Rechnung getragen, daß die technischen Probleme des Schlammanfalls und der Schlammverwertung in einfacher, allgemein verständlicher Weise zur Darstellung gelangten. Auch wird durch die Heranziehung und ziemlich lückenlose Erörterung der technischen Methoden eine verbreiterte Basis für die Verwendung dieser Abhandlung geschaffen, die in erster Linie dem Kommunalbeamten zu dienen bestimmt ist und in gedrängter Form ein Kompendium für die mit städtischem Klärschlamm zusammenhängenden Fragen darstellen soll.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Geheimrat Prof. Dr.-Ing. e. h. Dr. vvon Zwiedineck-Südenhorst für die Förderung vorliegender Arbeit, die zahlreichen Fingerzeige und kritische Überprüfung speziell der ökonomischen Seite meiner Abhandlung und Herrn. Prof. Dr.-Ing. et rer. pol. et phil. H. Albrecht für die Überprüfung und Begutachtung des technischen Teiles bestens zu danken.

München, im August 1926.

B. Rentsch.

Schema der Abfallverwertung



Die Verwertung von Müll und Klärschlamm

Sperrmüll	**Grobmüll**	**Feinmüll**	**Abwasserschlamm**
Metalle	Brennstoff	Düngemittel	Gas
Knochen	Baustoff		Düngemittel
Lumpen			Fett
			Brennmaterial

wurde, verschwindet allmählich aus der Grube, verpestet den gesamten Untergrund und damit auch das Grundwasser, das in vielen Fällen zur Speisung von Pumpbrunnen dient. Für die Gesundheit der Bevölkerung bilden sie so eine ungeheure Gefahr, und zahlreiche Epidemien sind dieser üblen Einrichtung zur Last zu legen. Die in den Gruben aufgespeicherten Massen, die sehr reich an organischen, stickstoffhaltigen Substanzen sind, gehen hier in Zersetzung über. Der Harnstoff wird dabei durch Vergärung in Ammoniak übergeführt, welcher zum großen Teil entweicht. Bei der Entleerung, die bei solchen Gruben sehr selten eintritt, oft nur einmal oder zweimal jährlich, wird durch das Aufrühren ein weiteres Verflüchtigen des Ammoniaks in Erscheinung treten, so daß mit Recht von Landwirten auf die mangelhafte Dungkraft solcher städtischer Fäkalien hingewiesen wird.

Sogenannte wasserdichte Gruben, die eine Verbesserung der Schwindgruben darstellen sollen, entsprechen dieser Bezeichnung nur mangelhaft. Auch die besten Grubenwände werden durch die Zersetzungsprodukte der Fäkalien mit der Zeit undicht und die Schwind- oder Sickergrube ist fertig.

Abfuhr.

Noch übler gestalten sich die Zustände bei der Entleerung und bei der Abfuhr [3]). Die mangelhafte Überführungsmöglichkeit der Fäkalmassen von der Grube in die Wagen und der recht unsaubere Transport brachte so viele Belästigungen mit sich, daß man wenigstens in dieser Hinsicht Abhilfe suchte und bis zu einem gewissen Grade auch in der sogenannten geruchlosen oder pneumatischen Abfuhr fand. Hierbei werden die Fäkalmassen von luftleer gemachten Tonnen, die sich auf Wagen befinden, angesaugt.

Zum Teil wurden die Gruben auch mittels kombinierter Saug- und Druckpumpen entleert [4]). Trotzdem bei den mannigfachen Methoden der maschinellen Entleerung eine gewisse Vollkommenheit erzielt wird, bleibt die Ansammlung der Fäkalien in Gruben eine unzweckmäßige, den Interessen der Hygiene und der Landwirtschaft vollkommen widersprechende Einrichtung.

Das Hauptbestreben mußte dahin gehen, die Fäkalien möglichst unverdünnt zu erhalten, um so eine möglichst hohe landwirtschaftliche Nutzung zu erzielen.

---

[3]) Heiden, Die Verwertung der städt. Fäkalien, Hannover (Ph. Cohens Verlag) 1885, S. 11 ff.

[4]) Vogel, Die Schicksale der Fäkalien in kanalisierten und nicht kanalisierten Städten, Handbuch der Hygiene Bd. 2 Abt. 1, Jena (Fischer Verlag) 1894.

Dies wurde durch die andere Methode der Fäkalienansammlung, durch das Kübel- oder Heidelberger Tonnensystem, weit besser als beim Grubensystem erreicht. Freilich stellt auch diese Art der Beseitigung häuslicher Abfallstoffe keine ideale Lösung dar, denn bei den Tonnen oder Kübeln, die in den Aborten Aufstellung fanden, trat ebenfalls Zersetzung ein, wenn auch in weit geringerem Maße als bei den Gruben, so doch immerhin genügend, um die Luft zu gewissen Zeiten zu verpesten. Wird eine Entleerung nicht in regelmäßigen Abständen veranlaßt, so ist mit der Möglichkeit des Überlaufens auch die Gefahr der Versickerung verbunden, was zur Verunreinigung des Bodens und Grundwassers führen kann.

Im großen und ganzen ist jedoch durch das Tonnensystem die Möglichkeit gegeben, die Flüsse von Fäkalien gänzlich freizuhalten und zu Zeiten epidemisch auftretender Krankheiten neben schnellster Entfernung der Fäkalien auch eine gründliche Desinfektion derselben durchzuführen.

Schließlich kommt durch diese Art der Ansammlung der Landwirtschaft bei günstigsten Transportverhältnissen ein hochwertiges, beliebtes Düngemittel zu, durch das der Stadt unter Umständen Gewinn erwachsen kann.

Als besonderer Vorteil beim Kübel- und Tonnensystem sieht man die Verwendung von Torfmull an. Torfmull oder Torfstreu wird seit Aufkommen des Verfahrens durch eine neue, rasch erblühte Industrie in Moorgegenden aus der oberen Schicht der Torflager oder aus Abfällen von Brenntorf gewonnen. Das sonst nutzlose Material wird in Form von Torfziegeln abgestochen, abgetrocknet und von einer Zerkleinerungsmaschine in einen pulverigen und einen faserigen Teil zerlegt, schließlich beide Teile mittels einer Presse in große Ballen gepreßt, die durch Latten und Eisendraht zusammengehalten werden. In dieser Form gelangt die präparierte Torfmasse zum Versand und ist fast überall zu mäßigen Preisen zu haben. Torfmull besitzt in hohem Grade die Eigenschaft, Flüssigkeiten aufzusaugen, und als besonders wichtig ist seine Fähigkeit, Gase, speziell Schwefelwasserstoffgas zu absorbieren und damit üble Gerüche zu beseitigen, hervorzuheben. Bei einer Beimengung von 1 Teil Torfmull zu 6 Teilen Fäkalien wird erreicht, daß die flüssigen Fäkalien in eine feste, transportable Masse verwandelt werden. Besondere Beachtung verdient ferner sein Absorptionsvermögen für Ammoniak, wodurch der Verwendung in der Landwirtschaft in weitgehendstem Maße Rechnung getragen wird [5]).

[5]) Vogel Bd. 2 Abt. 1 a. a. O.

Mit Torfmull kompostierte Fäkalien sind somit als Düngemittel viel hochwertiger als Rohfäkalien, weil außer den enthaltenen Dungstoffen der Fäkalien die organische Masse und die lockere Substanz des Torfmulls außerordentlich zur Humusierung des Ackerlandes beiträgt, namentlich wenn es sich um leichten Boden handelt.

In dem Bestreben, die stark wasserhaltenden Fäkalien in hochwertige Düngemittel umzuwandeln, ist man daran gegangen, durch Destillation schwefelsaures Ammoniak zu gewinnen oder durch Pudrettierung sämtliche für die Landwirtschaft wertvollen Stoffe zu erfassen. Bei der Pudrettierung wird den Fäkalien Schwefelsäure zugesetzt und das ganze bei einer Temperatur von über 100° eingedampft. Das dadurch erzielte Produkt enthält ca. 5—9% Stickstoff, 3—4% Phosphorsäure und 3 bis 4% Kali. Der Dungwert solcher Pudrette ist ein sehr großer[6]). Bedingung für die Herstellung von Pudrette oder von schwefelsaurem Ammoniak ist die Ansammlung der Fäkalien in Tonnen.

Unrentabilität der Fäkalienabfuhr.

Was nun die Verwertung der Fäkalien großer und mittlerer Städte anbelangt, so wird noch immer trotz der mit der Ansammlung und dem Transport verbundenen Schwierigkeiten und Unannehmlichkeiten von verschiedenen Seiten eine direkte landwirtschaftliche Ausnutzung erstrebt, obwohl diese der ganzen Entwicklung der Städte entsprechend technisch-wirtschaftlich nicht mehr angängig ist. Sehr treffend schreibt Herr Dr. H. Bach im „Technischen Gemeindeblatt" 1919 darüber[7]):

„Die Abfuhr der Fäkalien zum Zwecke der Versorgung der Landwirtschaft mit Dungstoffen hat, durch die bekannten Begleitumstände der Kriegszeit begünstigt, einen, wie es scheint, sehr breiten Kreis von Anhängern gefunden. Das Bestreben, der durch den Krieg schwer betroffenen Landwirtschaft, deren Bedarf an Düngemitteln insbesondere durch die Unterbindung der Einfuhr des chilenischen Salpeters ungedeckt bleiben mußte, aufzuhelfen, gipfelte in der Forderung, die Schwemmkanalisation großer Städte zugunsten der Fäkalienabfuhr ganz aufzugeben, bzw. die Abortanschlüsse an die Schwemmkanäle zu vermeiden und zu den bekannten Tonnensystemen oder Torfklosetts überzugehen. Diese Forderung ist nicht neu. Kein geringerer als Liebig hat sie schon gestellt, in einer Zeit freilich, in der das Wachstum und die Entwicklung der deutschen Städte und der Industrie und die daraus

---

[6]) Gutachten der Landwirtschaftskammer der Provinz Pommern vom 12. 11. 1918.

[7]) Dr. Bach, Oberchemiker der Emscher Genoss., Sonderdruck vom 20. 8. 1919 S. 2 ff.

sich ergebenden hygienischen Erfordernisse noch nicht übersehen werden konnten.

Das Verlangen nach Fäkalienabfuhr, wie es heute gestellt wird, fußt auf der Berechnung des Geldwertes der in den Abgängen des Menschen enthaltenen Dungstoffe, Stickstoff, Kali und Phosphorsäure und der Feststellung, daß bei der Erhaltung dieser Dungstoffe für die einheimische Landwirtschaft eine gleichwertige Ersparnis in bezug auf importierte Düngemittel erzielt werden könne. Die Ersparnisse würden eine ansehnliche Zahl von Mill. Mark jährlich ausmachen. Diese Berechnung ist nur scheinbar richtig. So einfach es nämlich ist, den Marktwert der durch den Bevölkerungsstand sich ergebenden Mengen an Dungstoffen, die in den menschlichen Abgängen enthalten sind, festzustellen und mit den entsprechenden Zahlen der Einfuhrstatistik zu vergleichen, so schwer ist es andererseits, die Kosten auch nur annähernd zu übersehen, die durch die Organisation der Fäkalienabfuhr, durch das in den Abfuhrmechanismus zu investierende Kapitel, durch Entzug der Arbeitskräfte von Mensch, Tier und Betriebsstoffen, die in diesem Abfuhrmechanismus beschäftigt sein müßten, andere produktiven Arbeiten, die Volkswirtschaft belasten würden. Diese Kosten müßten jedenfalls ungeheuer sein, und es ist sehr fraglich, ob im Hinblick auf dieselben noch irgendwelche Ersparnisse gegenüber der Einfuhr von Düngemitteln erzielt werden könnten, ganz abgesehen davon, daß diese Einfuhr sich durch die Erzeugnisse der Luftstickstoffindustrie einschränken und mit der Zeit wohl auch ganz ersetzen läßt. Um nur die Transportkosten zu berühren, so muß doch hervorgehoben werden, daß die Verbringung auf weite Strecken sich aus dem volkswirtschaftlichen Standpunkt nur für hochwertige Dungstoffe eignet, wie sie in den künstlichen Düngemitteln, wie auch dem Chilesalpeter, Guano usw. dargeboten werden, nicht aber für ein Material wie der Inhalt der Abortgruben, Tonnen usw., in dem die wertvollen Bestandteile in einen ungeheuren Ballast von Wasser und unnützen Stoffen eingebettet sind. Will man aber diesen Ballast durch entsprechende Aufbereitung vermindern, so ist hierzu wiederum die Aufwendung hoher Kosten erforderlich.

Neben der Kostenfrage muß aber auch die praktische Ausführbarkeit überhaupt unter Berücksichtigung der Förderungen der Hygiene sehr fraglich erscheinen. Gerade die Verhältnisse, wie sie sich in der Kriegszeit ausgebildet haben und wohl noch einige Zeit nach dem Kriege bestehen bleiben dürften, sowie in jedem künftigen Kriege notgedrungen wiederkehren müssen, mahnen zu größter Vorsicht in der Anstellung von Experimenten, die die Volksgesundheitspflege in einschneidender Weise beeinträchtigen können. Hätten

unsere Großstädte statt der Schwemmkanalisation Fäkalienabfuhr gehabt, so hätte diese wahrscheinlich schon im zweiten Kriegsjahr eingestellt werden müssen.

Der Mangel an Pferden, an Fuhrwerksmaterial, an Betriebsstoffen, an Eisenbahnwagen hätte dazu gezwungen. Welche Folgen diese Zustände für die Städtehygiene gezeitigt hätten, ist einfach unausdenkbar. Unsere Großstädte können von Glück sagen, daß sie der Krieg mit Schwemmkanälen ausgerüstet vorgefunden hat, die es ermöglichen, den gesamten hygienisch bedenklichen Unrat auf dem automatischen Wasserweg aus dem Weichbild der Stadt zu entfernen, und zwar mit Kosten, die gegenüber denen aller anderen in Betracht kommenden, im Krieg überdies nicht erhältlichen Beförderungsmittel, verschwindend gering genannt werden müssen.

Beiläufig darf wohl auch erwähnt werden, daß die Frage einer vollkommen hygienisch-ästhetischen Abfuhr der Fäkalien, trotz entschiedener Verbesserungen auf diesem Gebiete, noch nicht gelöst ist und kaum gelöst werden dürfte. Es stinkt stets bei der Abfuhr, welches System auch angewendet werden mag. Es ist auch in Häusern, die mit Tonnenaborten, Torfklosetts oder ähnlichen Einrichtungen ausgestattet sind, nicht zu vermeiden, daß ein widerlicher, dumpfigfader Geruch sich im Hause verbreitet, namentlich bei warmer, schwüler Witterung. Es ist mir erinnerlich, daß z. B. in einzelnen Badeorten, wie Helgoland, wo es Hotels mit Tonnen und auch wenige solche mit Spülaborten gibt, die letzteren vom Publikum lediglich der Spülaborte wegen vorgezogen werden. Bei Empfehlung des Tonnensystems ist in der Regel auf die Stadt Heidelberg verwiesen worden, die mit diesem System angeblich sehr gute Erfahrungen gemacht hat. Trotz dieser günstigen Erfahrungen ist aber Heidelberg inzwischen zur Schwemmkanalisation übergegangen. Hinsichtlich des Torfklosetts wäre noch zu sagen, daß bei allgemeiner Einführung desselben es fraglich erscheint, ob die Herstellung des erforderlichen Torfpräparates mit dem Verbrauche Schritt halten und ob diese Torfstreu zu erschwinglichen Preisen sowie stets rechtzeitig geliefert werden könnte.

Es ist nicht meine Absicht, das Kind mit dem Bade auszugießen. Die Fäkalienansammlung und Verwertung für die Landwirtschaft ist das gegebene, das selbstverständliche auf dem flachen Lande, in der Einzelsiedlung. Kleinstädte mit Gartenland, Gartenstädte, können Fäkalien sammeln und unmittelbar auf eigenem Boden verwerten. Aber auch da schon wird das Reinlichkeitsbedürfnis des westlichen Menschen nach einer Verwertungsart streben, die sich in Verbindung mit dem Wasserklosett ermöglichen läßt, und es verdienen da Einzelkläranlagen mit

anschließender Untergrundberieselung, wie sie z. B. die deutsche Gartenbaugesellschaft verwendet, Beachtung."

Damit dürfte zur Genüge dargelegt sein, daß die Ansammlung von Fäkalien in Städten zum Zwecke landwirtschaftlicher Verwertung wegen ihrer der Hygiene und der Landwirtschaft widersprechenden Momente als eine überwundene Einrichtung anzusehen ist.

C. Hauptteil.

2. Kapitel.

Abwasserklärung und Abwasserklärschlamm. Behandlung des Schlammes.

Notwendigkeit der Abwasserklärung.

Die Entwicklung der größeren Gemeinwesen mit ihrer auf beschränktem Raume zusammengedrängten Bevölkerung hat die Einführung der Schwemmkanalisation mit Fäkalienanschluß notwendig gemacht. Es war dies ein rein gesundheitstechnisches Bedürfnis, dem auch ein Entgegenarbeiten seitens der Anhänger der Fäkalienabfuhr mit Hinweisen auf die landwirtschaftliche Bedeutung der abgeschwemmten Dungstoffe, keinerlei Einhalt gebieten konnte. Nur durch reinlichstes Vorgehen und Ausschalten jeglicher Berührung mit den massenhaft anfallenden Schmutzstoffen konnte den Forderungen der Hygiene Rechnung getragen werden, und der Verlust des Dungstoffgehaltes war zu verschmerzen, wenn durch die Schwemmkanalisation mit Fäkalienanschluß anerkanntermaßen eine wertvolle Hebung des Gemeinwohles erzielt wurde [8]).

Lediglich eine Folgeerscheinung der städtischen Kanalisation ist die Notwendigkeit der Abwässereinigung vor Übergabe der Schmutzwässer an den Vorfluter. Denn daß nun der Fluß, der das Weichbild der Stadt durchfließt, all den Unrat und Abfall aufnehmen soll, konnte mit Rücksicht auf die Reinhaltung öffentlicher Gewässer nicht gebilligt werden. Bleibt ihm doch ohnedies auch nach mehr oder minder sorgfältiger Vorreinigung noch genug zu verdauen übrig und wird sein Selbstreinigungsvermögen jeweils bei den Klärmaßnahmen in Rechnung gestellt, indem der Grad der Reinigung von der Leistungsfähigkeit des Vorfluters abhängig gemacht wird.

---

[8]) Bach a. a. O. S. 3.

Methoden der Abwasserreinigung.

Mannigfaltig sind die Methoden der Abwasserreinigung, und es würde zu weit führen, wenn in diesem Zusammenhang eine auch nur einigermaßen vollkommene Aufzählung und Erklärung der zahlreichen Verfahren erfolgen sollte, doch möge im folgenden kurz eine Übersicht geliefert werden.

Man unterscheidet im allgemeinen zwei große Gruppen von Abwasserreinigungsanlagen: die mechanischen und die biologischen Klärverfahren.

Zur Gruppe der mechanischen Klärverfahren zählen die verschiedenen Abfangeverfahren (Grob- und Feinrechen, sowie alle Arten von Sieben), Absitz- (Sedimentations-) Anlagen mit und ohne Zusatz chemischer Fällungsmittel, Absitzanlagen mit getrennt oder unterhalb angeordnetem Faulraum, sowie das Faulverfahren. Mit diesen genannten Verfahren wird eine Ausscheidung aller ungelösten Bestandteile des Abwassers angestrebt.

Zur Gruppe der biologischen Klärverfahren gehören: die Bodenfiltration, die Berieselung, das Fischteichverfahren und die künstlichen biologischen Methoden mittels Füll- und Tropfkörpern. Mit diesen Verfahren sollen auch die im Abwasser befindlichen gelösten Bestandteile durch Mikroorganismentätigkeit ausgeschieden werden. Die Anwendung eines biologischen Klärverfahrens setzt eine mechanische Reinigung des Abwassers voraus.

Schließlich sei noch das Rothe-Degener Kohlebreiverfahren genannt, das eine gewisse Sonderstellung einnimmt.

Was nun die Verwendung dieser grundverschiedenen Methoden anbelangt, so hängt diese, wie bereits oben erwähnt, von dem erforderlichen Grade der Reinigung ab, der wiederum durch die Leistungsfähigkeit des Vorfluters bestimmt wird. Ein näheres Eingehen auf diese technischen Fragen würde über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinausgehen.

Im allgemeinen hängt die Menge und Beschaffenheit des Schlammes ab von der Menge und Beschaffenheit des Abwassers, von der Art der Vorreinigung, ob Absitz-, Faulbetrieb oder chemische Fällung, von der Bauart und Wirkungsweise der Becken, bei Städten von der Art der Kanalisation, ob Regenwasser, Fäkalien und gewerbliche Abwässer in die Kanäle aufgenommen werden.

Nicht inbegriffen in vorliegende Arbeit kann die Sondergattung des Klärschlammes aus Fabriken werden. Bei der außerordentlichen Verschiedenheit der gewerblichen Abwässer ist eine spezielle Untersuchung und Behandlung von Fall zu Fall notwendig. Infolge seines

hohen Wassergehaltes ist der frische Schlamm der städtischen Abwässer eine recht dünnflüssige Masse und kann durch mehrtägiges ruhiges Stehen, bei dem er an seiner Oberfläche trübes Wasser absetzt, weiter konzentriert werden, doch gelingt es dadurch nicht, seinen Wassergehalt wesentlich unter 90% herabzudrücken.

Schlammplage.

Wenn man in Betracht zieht, in welch beträchtlichen Mengen heute bei einer modernen Großstadt, in der Hunderttausende auf einen engen Platz konzentriert wohnen, dieses übelriechende, graufarbene, wässerige Produkt anfällt und man sich vor die Aufgabe gestellt sieht, diese Menge auf dem schnellsten und billigsten Wege weit aus dem Bereiche aller menschlichen Siedelungen zu bringen, so wird einem klar werden, daß es sich hier nicht nur um eine Schlammfrage, sondern vielmehr um eine Schlamm p l a g e handelt, die in zahlreichen Fällen zu den bedenklichsten Übelständen geführt hat und somit einer Lösung bedarf, bei der unter Vermeidung großer Kosten allen Anforderungen der Hygiene entsprochen wird. Dies hat zur Verwertung des Klärschlammes geführt mit der Absicht, durch die Ausnützung der im Schlamme enthaltenen Werte eine Herabsetzung der mit der Beseitigung verbundenen Kosten zu erzielen, möglicherweise so viel Gewinn daraus zu schlagen, um auch einen Teil der durch die Abwasserreinigung entstehenden Kosten mitzudecken. Der Wert des Klärschlammes ist infolge seines hohen Wassergehaltes ein sehr geringer. Da seine Menge aber eine sehr beträchtliche ist, so muß man danach trachten, möglichst wenig Schlamm mit geringem Wassergehalt, bei gleichzeitiger Verminderung der Kosten für seine Beseitigung zu gewinnen. Zum Teil ist dies zu erreichen durch die Wahl geeigneter Kläranlagen, bei denen unter gleichgroßem Kläreffekt weniger Schlamm gewonnen wird.

Nur langsam verliert der im abgepumpten Becken lagernde oder auf Land in dünnen Schichten ausgebreitete Schlamm durch Verdunstung, bei durchlässigem Boden auch durch Versickerung sein Wasser. Jeder Regen weicht ihn aber sofort wieder auf und setzt ihn in seinen alten Zustand zurück. Etwas günstiger gestaltet sich die Trocknung bei sandigem Gelände, auf welchem der Schlamm in dünnen Schichten von nur 10 cm Dicke aufgetragen und schließlich zwecks Beseitigung abgehoben oder umgegraben wird. Für diese Art der Trocknung werden allerdings beträchtliche Landmengen benötigt, die nur in seltenen Fällen zur Verfügung stehen. Der Schlamm, der beim Trocknen rissig wird, erlangt nach Ablauf einiger Monate das Aussehen fetten, schwarzen Bodens.

In England pflegt man teilweise den Schlamm in Tankdampfer abzupumpen, von denen er aus ins Meer versenkt wird[9]). Diese Art der Beseitigung kommt für deutsche Verhältnisse nur bei den Seestädten in Frage und sei nur der Vollständigkeit halber hier erwähnt.

Behandlung des Klärschlammes.

Zu den schwierigsten Problemen der gesamten Abwasserfrage gehört die Behandlung des Klärschlammes. Von dem Augenblicke der Schlammerzeugung in Kläranlagen an hat man große Hoffnungen in die Verwertbarkeit der im Schlamm enthaltenen Nutzstoffe gesetzt, doch enttäuscht und ernüchtert wandte man sich ab, als man schier unüberwindlichen Schwierigkeiten in jeder Hinsicht gegenüberstand, und erst als das Gebot der Stunde die höchste wirtschaftliche Ausnutzung von Kraft und Stoff auch in der Abfallwirtschaft erheischte, ist man mit neuem Eifer und neuen Maßnahmen an die kritische Aufgabe der Schlammbehandlung herangetreten, um schließlich doch einige Erfolge zu erzielen und sich zu der Überzeugung durchzuringen, daß mit der Zeit entsprechend der intensiven Forschertätigkeit noch manche Behandlungsmethode resultieren wird.

Um hier kein falsches Bild entstehen zu lassen: technisch war die Frage der Schlammbehandlung wohl zu lösen, und vielerlei Verfahren und Maßnahmen führten zum Ziele, doch war in den meisten Fällen keine Wirtschaftlichkeit damit verbunden, und die Kosten für ein technisch-vollkommenes Schlammpräparat standen in keinem Einklang mit der damit erstrebten Nutzung. Schwierig allein war und blieb die Aufgabe, einen Weg zu finden, auf dem man unter dem geringsten Aufwand von Arbeitskräften und technischen Einrichtungen einen Stoff von vielseitiger Verwendbarkeit erzeugen konnte.

Von ganz seltenen Fällen abgesehen, ist der Schlamm in dem Zustande, wie er die Anlage verläßt, ein höchst unangenehmer, mißlicher Stoff, der insbesondere als Frischschlamm durch Verbreitung übler Gerüche und schwieriger Entfernung aus dem Bereiche bewohnter Stätten gekennzeichnet ist. Aber auch als ausgefaulter Schlamm mit geringerer Geruchsbelästigung bietet er bei seiner Dünnflüssigkeit noch genug Schwierigkeiten. Die Hauptaufgabe war also darin zu erblicken, Faulschlamm oder Frischschlamm unter allen Umständen in ein festes, geruchloses Produkt zu verwandeln, um dann erst eine weitere Verwendung ins Auge zu fassen. Dies hat zu den zahlreich angewandten Ent-

---

[9]) Dr. Dunbar, Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage, München und Berlin (Oldenbourg) 1912, S. 145 und 276.

wässerungsverfahren geführt, welche ihrer Wichtigkeit halber nachstehend aufgeführt werden.

1. Schlammteiche[10]). Eine althergebrachte Art, den Schlamm mehr zu beseitigen als zur Verwendung vorzubereiten, ist heute kaum mehr von Bedeutung. Der Schlamm wurde in Vertiefungen gepumpt und dort sich selbst überlassen. Wegen des schlechten Trocknungserfolges und der benötigten großen Landflächen außerordentlich unwirtschaftlich.

2. Aufpumpen auf Felder in dünnen Schichten. Bei durchlässigem Sandboden gut anwendbar.

3. Die Mischung des Klärschlammes mit Müll soll später noch eingehend erörtert werden.

4. Entwässerung auf Schlammbeeten und Filtern im Anschluß an die Kläranlage ist heute am häufigsten anzutreffen.

5. Trocknen mittels mechanischer Vorrichtungen, sogenannte Filter- und Kammerpressen, Feuerungstrocknung, Zentrifugen und Schlammschleudern.

6. Gefrierverfahren[11]). Durch künstliche Kälteverfahren kann Schlamm gut entwässert werden. Bei großen Mengen zu kostspielig.

7. Elektroosmoseverfahren[12]). Ein Spezialverfahren mit Hilfe des elektrischen Stromes, das von großer Bedeutung werden kann, doch noch nicht genügend erforscht ist.

8. Kalkzusatz[13]) verwandelt den Schlamm gleichfalls in ein stichfestes Produkt, doch verteuert die notwendige, nicht unbeträchtliche Kalkmenge das Verfahren.

Unzulänglichkeit der Maßnahmen.

Wie bereits erwähnt, sollen hier nur die Methoden besprochen werden, die bei der Schlammtrocknung Anwendung finden. Betrachtet man die große Zahl der aufgeführten Hauptgattungen, zu denen noch eine ganze Reihe von mehr oder minder variierenden Verfahren treten, so möchte man versucht sein zu glauben, daß es ein leichtes sei, den wässerigen Klärschlamm städtischer Kläranlagen in ein geruchloses, ziemlich trockenes, leicht transportables Produkt zu verwandeln. Aber dem ist nicht so. Technisch dürfte das Problem freilich gelöst

---

[10]) Spiegelberg, Beseitigung und Verwertung des Klärschlammes aus städt. Abwässern: Öffentl. Gesundheitspflege 1917 Heft 8.
[11]) Wie Anm. 10 und Dunbar a. a. O. S. 249.
[12]) Wie Anm. 10 und Dunbar a. a. O. S. 249.
[13]) Wie Anm. 10.

sein, die technisch-wirtschaftliche Lösung steht jedoch noch aus, und es bedarf noch ernster Forschertätigkeit und manchen praktischen Versuches, bis Ergebnisse erzielt werde, die in jeder Hinsicht den Forderungen der Hygiene und der Volkswirtschaft entsprechen.

Ein Vergleichen und Gegenüberstellen der einzelnen Methoden möge aus diesen Gründen unterbleiben. Die Feststellung der Unzulänglichkeit der angeführten Methoden soll genügen, um zu zeigen, daß der Weg zur wirtschaftlichen Verwertung städtischen Klärschlammes über die Umgestaltung der wasserreichen Substanz in ein trokkenes und gesundheitsunschädliches Produkt führt, und daß das Streben aller Fachleute darauf gerichtet sein muß, ein vollkommenes Verfahren aufzufinden.

3. Kapitel.

Die technischen Verwertungsmethoden.

1. Verwertung als Düngemittel

Die Ausnutzung der Dungstoffe des Klärschlammes, wie Stickstoff, Phosphorsäure und Kali, hat die größte Verbreitung gefunden. In kleinen Städten mit landwirtschaftlichem Gelände in der Umgebung gelangt heute noch Schlamm in dem Zustande, wie er die Anlage verläßt, zur Verwendung. Der wässerige frische Schlamm wird in eiserne Wagen gepumpt oder auch in Röhren bis zum Ackerland gedrückt, wo er wie Jauche zur Verteilung gelangt. Für die Stadt ist dies von Vorteil, weil sie sich so auf dem schnellsten Wege des unangenehmen Produktes entledigen und unter Umständen noch kleine Einnahmen für den gelieferten Schlamm erzielen kann. Großen Wert hat allerdings dieser Abwasserschlamm nicht, und die Landwirte sind keineswegs freudige Abnehmer. Dies hat seinen Grund in den mit der Frischschlammdüngung verbundenen Übelständen. Der Boden verschlickt infolge der Zellulose und des Fettgehaltes, wodurch die Pflanzenwurzel gegen das Eindringen von Luft und Wasser abgeschlossen wird, keimfähige Unkrautsamen werden auf den Acker gebracht und allerlei lästiges Ungeziefer stellt sich ein[14]). Von Nachteil ist ferner, daß diese Art der Düngung nur im Frühjahr und im Herbst eintreten kann und während der übrigen Jahreszeit für eine anderweitige Unterbringung gesorgt werden muß. Wird Frischschlamm auf Felder aufgebracht, so ist zu beachten, daß dies nur in dünnen Lagen geschieht, um ein rasches Austrocknen des Schlammes zu ermöglichen. Die Geruchsbelästigung ist

[14]) Imhoff a. a. O. S. 54.

dann eine mäßige. Hernach wird das Ackerland zweckmäßig umgepflügt und der trockene Schlamm so vergraben.

In den meisten Fällen, insbesondere bei großen Städten, wird trockener, d. h. stichfester Schlamm von den Landwirten gefordert. Dies ist schon allein zum Zwecke der Transportverbilligung notwendig, wodurch der Verwendungsbereich vergrößert wird. Der aus den Kläranlagen entfernte Schlamm wird also auf Schlammtrockenplätze geleitet, wo er sein Wasser zum weitaus größeren Teil verliert und dann mittels Schaufel auf Wagen verladen werden kann.

Frischschlamm oder Faulschlamm.

Die vor einiger Zeit vielfach erörterte Streitfrage, in welchem Zustande der Schlamm der Landwirtschaft nützlicher sei, ausgefault oder frisch, dürfte wohl dahingehend entschieden sein, daß der ausgefaulte in vieler Hinsicht den Vorzug verdient[15]). Gelangt nämlich Frischschlamm auf die Felder, so muß rund die vierfache Menge wie beim Faulschlamm bewältigt werden, beim Ableiten und Aufbringen treten dann üble Gerüche auf und außerdem entstehen Schwierigkeiten wegen der Sperrigkeit. Verfilzung und Verschlickung des Bodens durch Luftabschluß bewirkt, daß beim Austrocknen des Schlammes Klumpen gebildet werden, die sich oft ein Jahr hindurch erhalten, ohne zu zerfallen. Frischer Schlamm ist gesundheitsschädlich und kann durch Unkrautverschleppung für das Ackerland schädlich sein.

Somit ist ausgefaulter Schlamm als Düngemittel vorzuziehen, da er trotz seines verringerten Stickstoffgehaltes (ca. 40%) wesentliche Vorteile gegenüber Frischschlamm besitzt.

Faulschlamm kann in nassem Zustande ähnlich wie Jauche ausgefahren und versprengt oder auch mittels Rohrleitungen auf die Felder gepumpt werden, er kann aber auch, wenn genügend Gelände für Trockenplätze in der Nähe der Kläranlage vorhanden ist, in getrocknetem, erdigem Zustande auf das Ackerland gebracht werden, wo dann seine humusierende Wirkung besonders zur Geltung kommt. Derartiger Schlammkompost kann bei guter Vertrocknung und mittels Streuapparaten kunstgerecht verteilt werden.

Was den Erlös aus lufttrockenem Schlamm anbelangt, so schwankt derselbe je nach den Verhältnissen zwischen 0,50 Mk. und 1,50 Mk. je cbm.[16]). Diesen Einnahmen stehen die Aufwendungen für die Kläranlagen und vor allem für die Schlammbehandlung sowie für den Trans-

---

[15]) Imhoff a. a. O. S. 53 ff.

[16]) Mitteilungen aus der kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin, Berlin 1909, Heft 7 S. 111 ff.

port gegenüber. In den meisten Fällen werden die Unkosten bei landwirtschaftlicher Verwertung dieser Art bei weitem nicht gedeckt, und man hat auf Mittel und Wege gesonnen, auf billige Weise zu einem hochwertigerem Düngemittel zu gelangen.

Vermengung mit Müll.

Eng verknüpft mit der Frage der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm ist die Frage der Müllbeseitigung großer Gemeinwesen. Neben der geregelten Sammlung und Beseitigung der Müllstoffe aus dem Wohnbereich ist das Problem der endgültigen hygienischen Verwertung dieser Stoffe einer Lösung zuzuführen. Prof. Dr. Thiesing hat folgende Leitsätze dafür aufgestellt:

1. „Bei der Beseitigung des Hausmülls müssen in erster Linie die Forderungen der Gesundheitspflege erfüllt werden. Alle Verfahren, auch die einfachsten, wie Aufstapeln des Mülls oder Versenken desselben ins Meer, sind als zulässig für die Müllbeseitigung anzusehen, wenn sie diesen Forderungen genügen.

2. Bei einer in jeder Beziehung vollkommenen Müllbeseitigung sind aber ästhetische und wirtschaftliche Momente zu berücksichtigen, und deshalb verdienen namentlich diejenigen Verfahren Beachtung, welche eine hygienische und ästhetisch völlig einwandfreie Beseitigung des Mülls gewährleisten und gleichzeitig eine möglichst hohe Verwertung desselben gestatten.

3. Als solche Verfahren kommen in Betracht:

a) Die Aufbringung des Mülls auf Ödländereien, welche der Bebauung voraussichtlich noch längere Zeit entzogen bleiben. Sie ist die einfachste Art der Müllbeseitigung und dann unbedenklich, wenn das Müll gleich untergepflügt oder so gelagert wird, daß die Aufstapelung keine Mißstände (Staubverwehungen, Gerüche, Insekten- oder Ungezieferplage) herbeiführt.

b) Die Sortierung des Mülls behufs Verwertung seiner einzelnen Bestandteile. Die Verwertbarkeit derselben wird durch die schon im Hause beginnende Trennung (Separation) in a) Asche und Kehricht, b) Speisereste und c) gewerbliche Abfälle wesentlich erhöht. In den Verkehr zurückgelangende Bestandteile müssen vorher einer Behandlung unterzogen werden, welche die Übertragung etwa vorhandener Krankheitskeime sicher verhütet.

c) Die Verbrennung des Mülls. Ihre Durchführbarkeit hängt davon ab, daß das Müll ohne erhebliche Zuschläge (Kohlen) brennt und daß dauernd Absatz der Verbrennungsprodukte (Wärme und Rückstände) gewährleistet ist.

4. Eine universelle Bedeutung kommt keinem dieser Verfahren zu, vielmehr muß von Fall zu Fall entschieden werden, welches von ihnen unter den vorliegenden Verhältnissen den Vorzug verdient, und ob nicht etwa eines der einfacheren Verfahren, wie Aufstapeln des Mülls oder Versenken desselben ins Meer in Betracht kommt."

Der Dungwert des Kehrichts ist nicht bedeutend. Nur bei günstigen Transportverhältnissen kann seine Verwendung in der Landwirtschaft von Bedeutung sein. In Betracht zu ziehen ist ferner der Umstand, daß dem Müll Stoffe beigemengt sind, wie Scherben, Metallteile usw., deren Abscheidung unbedingt erforderlich ist. Dies hat zur Müllsortierung geführt, wie sie in Puchheim bei München in größerem Maßstabe zur Durchführung gelangt ist. Das in Waggons angefahrene Müll wird in Siebzylindertrommeln entleert, in denen eine Trennung des Feinmülls von den Sperrstoffen vorgenommen wird. Letztere gelangen auf ein langes Transportband, von dem durch Arbeiter mittels Harke die Aussortierung der noch verwertbaren Teile vorgenommen wird.

Diese in vieler Hinsicht unhygienische Arbeit kann durch entsprechende Maßnahmen und Wohlfahrtseinrichtungen den Erfahrungen entsprechend so gestaltet werden, daß sie ohne gesundheitsschädigende Folgen für die in diesem Beruf beschäftigten Leute bleibt. Wenn auch vom ästhetischen Standpunkte aus eine solche Mülltrennung wenig wünschenswert erscheint, so kann doch darauf, in Anbetracht der Tatsache, daß diesem Verfahren eine gewisse Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit nicht abgesprochen werden darf, nicht gänzlich verzichtet werden.

Zweck der Müllsortierung ist die Gewinnung von Feinmüll, der bereits bei der maschinellen Behandlung, also eine direkte Mithilfe menschlicher Arbeitskräfte anfällt[17]). Ob die weitere Aussortierung, wie sie in Puchheim bei München geübt wird, nicht etwa überhaupt in Wegfall gerät oder auf Ausscheidung der Metallteile (größtenteils Eisen) mit mechanischen Maßnahmen (Magnetisierung) beschränkt bleibt, sei dahingestellt. Feinmüll ist jedenfalls dasjenige städtische Abfallprodukt, das, ebenso wie der Klärschlamm, beseitigt bzw. verwertet werden muß und außerdem die Fähigkeit besitzt, in Verbindung mit Klärschlamm dessen flüssigen, wässerigen Zustand aufzuheben.

Durch die innige Mischung von Feinmüll und frischem Abwasserklärschlamm wird ein Produkt von gartenerdartiger Beschaffenheit erzielt, das man Mengedünger nennt. Je nach der Verwendungsmöglichkeit sind drei Zusammensetzungen möglich:

---

[17]) Muxtorf, Die Müllverwertung in Großstädten, „Die Bauzeitung" (Stuttgart) 1925 Nr. 9 S. 107/08.

1. Gewichtsverhältnis Schlamm : Feinmüll = 1:1, wobei der Schlamm unmittelbar der Kläranlage entnommen wird, ergibt einen lagerbaren, jedoch noch feuchten Dünger.

2. Gewichtsverhältnis Schlamm : Feinmüll = 1:1,8, wobei der Schlamm wieder unmittelbar der Anlage entnommen wird, ergibt einen trockenkrümeligen, sofort ausbreitbaren Dünger.

3. Gewichtsverhältnis Schlamm : Feinmüll = 1:2,35, wobei der Schlamm durch Absetzenlassen in etwa 12 Stunden von 90% auf 80% Wassergehalt reduziert wird, ergibt einen gut lagerbaren, sofort ausbreitbaren Dünger.

Diese Zahlen sind dem Projekt für die Münchner Kläranlage entnommen [18]).

Nach Untersuchungen der staatlichen Abwasserstation und eingehenden Berechnungen ergeben sich die in nachstehender Tabelle aufgeführten Dungstoffmengen, welche in den einzelnen Zusammensetzungen enthalten sind:

	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali
Mengedünger I . .	1,8 %₀₀	3,7 %₀₀	3,2 %₀₀
Mengedünger II . .	1,3 %₀₀	4,0 %₀₀	3,6 %₀₀
Mengedünger III . .	2,6 %₀₀	5,3 %₀₀	4,5 %₀₀

Die Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz in München hat mit Mengedünger Freilandversuche angestellt, welche ergaben, daß selbst bei geringen Schütthöhen von 1—2 cm auf den humusarmen Kiesböden bei München Mengedünger dem Kunstdünger in seiner Wirkung mindestens ebenbürtig ist. Es wäre jedoch verfrüht, wollte man jetzt schon abschließende Betrachtungen über die Auswirkungen und mutmaßlichen Düngungserfolge bei Anwendung von Mengedünger in großem Stil anstellen.

Sicher dürfte jedenfalls sein, daß man mit der Herstellung von Mengedünger der Lösung der Schlammfrage um ein gutes Stück näher gerückt ist.

Stutzer-Menslersches Verfahren.

In diesem Zusammenhang soll noch eine weitere Methode der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm Erwähnung finden. Es ist dies die Verarbeitung von rohem Schlamm unter Zusatz von Torf und Kali ohne Verwendung von Wärme zu einem hochwertigen

---

[18]) Zahnbrecher u. Keppner, Die Münchener Abwässer; die volkswirtschaftliche Bedeutung der Verwertung der Abwässer der Stadt München.

Düngemittel. Der verstorbene Regierungsrat und Prof. Dr. Stutzer an der landwirtschaftlichen Versuchsstation in Bonn widmete sich mit großem Eifer dieser Aufgabe, und nach seinen Feststellungen übertrifft der auf diese Weise gewonnene Dünger in jeder Hinsicht den Stalldünger [19]).

Tabelle.

	Dünger aus Klärschlamm	Stalldünger
Stickstoff	1,06%	0,54%
Phosphorsäure . . .	0,71%	0,25%
Kali	1,66%	0,70%

Der überdies sehr hohe Gehalt von 24% an organischen, fäulnisfähigen Stoffen und an Phosphorsäure bietet Gewähr für die Brauchbarkeit dieses Produktes.

In Gemeinschaft mit Prof. Stutzer arbeitete der Ingenieur Mensler der Stadt Elberfeld, der als Zusatzstoff zum Schlamm Phonolith verwendete. Die Resultate sind noch günstiger als die Stutzerschen, da Phonolith bei seinem hohen Kaligehalt (11,6%) und Kieselsäure (42,5%) ein verhältnismäßig leicht zu beschaffender Eruptionsstein ist. Die Verwendung des Phonoliths erfolgt in gekörnter Form, das fertige Produkt wird in Würfelform gepreßt und kann so ohne weiteres für die Streumaschinen verwandt werden. Seine erstmalige Verwendung fand das Stutzer-Menslersche Verfahren bei der Kläranlage der Städte Elberfeld-Barmen. Von Interesse dürfte hier sein, daß der Klärschlamm mittels Lastauto zu der in einiger Entfernung von der Kläranlage an der Bahn gelegenen Verarbeitungsstätte gefahren wurde. Diese Transportart, die hier zum ersten Male in geregeltem Betrieb Anwendung fand, dürfte bei der raschen Entwicklung der Autotechnik von bahnbrechender Bedeutung für die Fortschaffung städtischer Abfallstoffe aus dem Wohnbereiche werden, insbesondere in Fällen, wo eine weitere Verarbeitung zu hochwertigeren Nutzstoffen Platz greift.

Dieses Verfahren, dem Klärschlamm Phonolith zuzusetzen und dadurch ein brauchbares Produkt zu erzielen, erschien so weit recht vielversprechend und die günstigen Laboratoriumsergebnisse konnten zu der Anwendung im großen nur aneifern. Trotzdem hat sich die Methode der Schlamm-Phonolith-Mischung als ungeeignet erwiesen, ja, das Elberfelder Unternehmen ist völlig gescheitert.

Und warum das? Es bedeutet eben keine „Verwertung" des Schlammes, wenn man ein wertvolleres Material — wie es das Phonolith

---

[19]) Verfasser ungenannt: „Die Verwendung des Klärschlammes, die Stutzer-Menslersche Methode", Münchner Neueste Nachrichten, Dez. 1925.

nun einmal darstellt — mit Schlamm streckt, um so diesen loszuwerden. Das ist allenfalls zu letzterem Zwecke das einzig mögliche Mittel, volkswirtschaftlich ist es jedoch nicht.

So sehen sich die Elberfelder Ingenieure und mit ihnen viele andere, denen mit dem Stutzer-Menslerschen Verfahren Hoffnungen erweckt wurden, wiederum vor die Aufgabe gestellt, eine geeignete Unterbringung oder sogar Verwertung des städtischen Klärschlammes zu ermitteln.

2. Nutzung des Heizwertes.

Ausgehend von dem Grundsatze der Beseitigung hat man schon lange mit der Verbrennung von Schlamm gearbeitet und zu diesem Zwecke Öfen nach Art der Müllverbrennungsöfen konstruiert, um eine Anhäufung derartig widerwärtigen Materials zu verhindern. Die Zerstörung der fäulnisfähigen Substanzen gelang zwar auf diese Weise, doch verblieb dabei eine Schlacke als Restprodukt, die bald nach ihrer Entstehung zerfiel und zu keiner weiteren Verwendung dienen konnte. Lediglich zum Zwecke der Beseitigung solche teuren Verrbrennungsanlagen zu errichten und zu unterhalten, war jedoch im höchsten Grade unwirtschaftlich, und so wandte man sich notgedrungen anderen Methoden zu[20]).

Heizeffekt[21]).

Die Trockensubstanz des Klärschlammes besitzt einen Heizeffekt von 4000 Wärmeeinheiten. Eine Wärmeeinheit ist diejenige Wärmemenge, die nötig ist, um 1 kg oder 1 Liter Wasser um 1° C zu erwärmen. Wird also 1 kg Wasser auf 100° C erwärmt, so sind 100 Wärmeeinheiten erforderlich. Um aber diese Wassermenge in Dampf von 100° C überzuführen, bedarf es 536 Wärmeeinheiten, insgesamt also 536 + 100 = 636 Wärmeeinheiten. Wird nun frischer Schlamm von 90% Wassergehalt, bei dem also 100 kg 90 kg Wasser enthalten, zum Eindampfen gebracht, so sind 90 × 636 = rund 57000 Wärmeeinheiten erforderlich[22]). Die gewonnene Trockensubstanz von 10 kg enthält aber nur 10 × 4000 Wärmeeinheiten. Daraus läßt sich ohne weiteres ersehen, daß Schlamm mit 90% Wassergehalt für Nutzung seines Heizwertes nicht in Frage kommt. Erst bei 80% und weniger Wassergehalt kann von einem Nutzwert des Klärschlammes gesprochen werden.

Bezüglich der Vergasung von unvermischtem Klärschlamm sind zwei Wege möglich: entweder die Erzeugung von Generatorgas oder

[20]) Dunbar a. a. O. S. 251.

[21]) Reichle und Dost, Über Schlammverwertung durch Vergasung, Mitteil. der kgl. Prüfungsanstalt Berlin S. 147.

[22]) Hönig, Über Gewinnung und Verwertung von städt. Klärschlamm, Ges.-Ing. 33. Jahrg. Nr. 1 S. 11 ff.

trockene Destillation. Das Generatorgas stellt ein unvollkommenes Verbrennungsprodukt des Brennmaterials dar, indem anstatt Kohlensäure Kohlenoxydgas aus dem zur Verbrennung gelangenden Kohlenstoff erzeugt wird. Der Ofen, in welchem dies geschieht, heißt Generator [23]). Der Gehalt an Wärme beim Generatorgas liegt in dem gebildeten Kohlenoxyd, das sich bei seiner Entstehung mit dem Stickstoff der Verbrennungsluft mischt und dadurch nachteilig beeinflußt, also verdünnt wird.

Im Gegensatz hierzu enthält das Destillationsgas lediglich die im Brennstoff gespeicherten flüchtigen Bestandteile, die durch Wärme ausgetrieben werden und bei denen die Kohlenwasserstoffe die wichtigste Rolle spielen. Naturgemäß findet die Destillationsgaserzeugung in luftdicht abgeschlossenen Behältern statt, in denen die hochwertigen Kohlenwasserstoffe — wie bei der Steinkohlengasgewinnung — zur Austreibung gelangen.

Gasausbeute.

Die Gesamtausbeute aus 1 kg Schlamm von ca. 60% Wassergehalt beträgt gemäß Feststellungen der Gasmotorenfabrik Deutz 1,1 cbm. Prozentual kann der Gewinn an Heizkraft folgendermaßen errechnet werden: 1 kg Schlamm mit 60% Wassergehalt besitzt:

$$400 \times 0{,}40 = 1600 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Die Ausbeute des aus 1 kg Schlamm erzeugten 1,1 cbm Gas beträgt $1{,}1 \times 850 = 935$ W.E., demnach wurden

$$665 \text{ W.E. oder} = 60\% \text{ gewonnen.}$$

Zu Leucht- und Heizzwecken ist dieses geringwertige Gas nicht zu gebrauchen. Aber auch bei der Verwendung zum Antrieb von Motoren hat man wenig erfreuliche Erfahrungen gemacht, einmal, weil die Dimensionen der angewandten Motore wegen der Geringwertigkeit des Gases sehr groß gewählt werden müssen, und ferner, weil der Betrieb infolge der raschen Verschmutzung der hauptsächlichsten Motorteile sich ziemlich kostspielig und umständlich, mit einem Wort unwirtschaftlich gestaltet [24]).

Vervollkommnung der Verfahren.

Damit dürfte jedoch das Streben nach zweckmäßigeren Einrichtungen für die Heizgasgewinnung nicht zum Stillstand gekommen sein.

---

[23]) Frank, Vergasung von Abwasserklärschlamm, Ges.-Ing. 1907 Heft 28 S. 465.

[24]) Koch, Klärschlammvergasung, Deutsche Techniker-Zeitung (Berlin) 21. Jahrg. Heft 40.

Das Ziel rationeller Klärschlammvergasung ist die Unschädlichmachung speziell jener verstopfend wirkenden Fett- und Teerdämpfe und die Wiedergewinnung des durch die Wasserverdampfung verloren gegangenen Wärmebetrages. Mittel und Wege hierzu sind schon gefunden durch weitere Zersetzung der Fettgase und des Wasserdampfes bei höherer Temperatur. Das Überleiten des Gases über glühende Kohlen spielt dabei eine wichtige Rolle.

Auch hier handelt es sich um technische Verfahren, die zweifellos zum angestrebten Ziele führen. Mittel und Wege jedoch, diese technischen Verfahren rationell zu gestalten, sind noch nicht gefunden. Zahlreiche Fehlschläge in dieser Hinsicht legen die Vermutung nahe, daß die reine Klärschlammvergasung als ungeeignet für eine zweckmäßige Verwertung fallen gelassen werden muß.

Etwas anders verhält es sich mit der Vergasung von Mischprodukten.

Größerer Heizeffekt des Frischschlammes.

Der Verlust an brennbaren Stoffen durch die Schlammausfaulung ist beträchtlich. Es betrug gemäß Feststellungen der Heizeffekt bei Faulraumschlamm mit 40% Wassergehalt 1700 W.E., wogegen Frischschlamm, vorgetrocknet, bis 4000 W.E. enthielt. Die Verwendung von nicht ausgefaultem Schlamm zur Vergasung liegt demnach nahe. Da aber die Entwässerung und Trocknung dieses wasserreichen Frischschlammes Schwierigkeiten machte, ist man dazu übergegangen, den Schlamm zum Zwecke der Entwässerung und gleichzeitigen Erhöhung des Heizwertes mit anderen brennbaren Stoffen zu versetzen. Als solche kommen in Frage: Torf, Kohle und unter Umständen auch Müll[25]).

Das Kohlebreiverfahren.

In zwiefacher Hinsicht werden beim Kohlebreiverfahren die Zusatzstoffe ausgenützt, indem Torf oder pulverisierte Braunkohle bereits dem zu klärenden Abwasser beigegeben werden (1—2 kg pro cbm Abwasser), wodurch unter Hinzufügung eines chemischen Fällungsmittels eine außerordentlich hohe Ausscheidung der suspendierten Stoffe erreicht wird. Der dabei gewonnene Schlamm fault nicht nach, läßt sich leicht pressen und kann gut zu Heizzwecken benutzt werden. Pro Kubikmeter Abwasser ergeben sich ca. 3½ kg Schlamm, der im Sommer an der Luft innerhalb weniger Tage so weit nachtrocknet, daß

---

[25]) Koschmieder, Wärmetechnische Ausnutzung und Vergasung der Abfallstoffe, Techn. Gemeindeblatt Nr. 19 vom 5. 1. 1905.

er ohne Zusatz anderer Heizmaterialien in Kesselfeuerungen oder auch in kleinen Öfen verbrannt werden kann. Ferner besteht auch durchaus die Möglichkeit der Kraftgaserzeugung im Schlammgasgenerator. Der Heizwert beruht gemäß genauen Untersuchungen nicht allein auf dem Torf- oder Braunkohlenzusatz, sondern 11—30% des Gesamtheizwertes sind auf Rechnung der niedergeschlagenen Schmutzstoffe, also auf die Bestandteile des Klärschlammes zu setzen. Die Verwendung erfolgt als Schlammkuchen oder Briketts, wie sie aus den Pressen geliefert werden. Falls der Schlamm in Breiform die Pressen verläßt, wird eine Mischung mit bereits an der Luft getrocknetem Schlamm vorgenommen, wodurch ein festes Produkt erzielt wird. Bei der Verbrennung ergibt sich ein Aschenrückstand von ca. $^1/_7$ der ursprünglichen Menge. Der Heizwert solchen Schlammes beläuft sich auf 2000—2500 Wärmeeinheiten[26]).

Vermischung mit anderen Brennstoffen.

Schlamm, wie er aus Absitzanlagen oder Frischwasserklärsystemen anfällt, kann auch durch nachträgliche Beimischung von Kohlenstaub in feste Form gebracht werden. Auch für diese Art der Bereitung eines brauchbaren Brennmaterials gibt es zahlreiche Verfahren und Einrichtungen. Wichtig ist eine innige Mischung des Schlammes mit Kohlenstaub.

Auch Müll kann dem Frischschlamm zugesetzt werden und zusammen mit diesem in besonderen Öfen zur Verbrennung gelangen[27]). Zufolge den Versuchen in Frankfurt a. M. war es möglich, Schlamm mit 75% Wassergehalt unter Beimengung von Hauskehricht ohne jeglichen weiteren Zusatz zu verbrennen, wobei eine Schlacke entfällt, die im Bauwesen weitere Verwendung finden kann. Letzteres ist besonders in Gegenden von Bedeutung, wo es an Kies und Sand für die Beton- und Mörtelherstellung mangelt. Die restlose Verwertungsmöglichkeit aller bei der Abfallwirtschaft anfallenden Stoffe ist damit dargetan. Die Verfahren zur nutzbringenden Auswertung dieser Stoffe sind allerdings noch ziemlich kostspielig. Der Heizwert blieb nach wie vor ein geringer und reichte bisher höchstens zum Betriebe für die bei der Kläranlage verwendeten Maschinen aus. Die angefallene Schlacke mußte vor ihrer Verwertung zu Bauzwecken zum mindesten zerkleinert oder gemahlen werden, möglicherweise auch geschmolzen und granuliert, ein Prozeß, der die Mörtelbereitung nicht unwesentlich verteuert.

Eine unangenehme Nebenerscheinung bilden die Abgase bei der Verbrennung, die leicht Belästigungen in der Umgegend hervorrufen können.

---

[26]) Koschmieder a. a. O. Heft 19, 1905.
[27]) Dunbar a. a. O. S. 250.

3. Fettgewinnung aus Klärschlamm.

Die Abwasserfette sind im Klärschlamm in überraschend großen Mengen enthalten, und der Fettgehalt des Schlammes der einzelnen Städte wechselt je nach der Zusammensetzung der Abwässer. Hier ist der Zufluß industrieller Wässer von großer Bedeutung, der in zahlreichen Fällen eine Erhöhung des Fettgehaltes mit sich bringt. Bezogen auf die Trockenmasse bewegt sich der Gehalt zwischen 8% und 22%. In einigen englischen Industriestädten, die Wollwäschereien aufweisen, sind ca. 40% Fett enthalten. Umgerechnet auf die pro Kopf täglich anfallende Fettmenge schwanken die Sätze zwischen 10 und 20 g für deutsche Verhältnisse [28]).

Früher blieb das Fett, das als Hülle für die einzelnen Schlammteilchen, speziell für die Kolloide, dient, dem Schlamm beigemengt, wurde mit ihm getrocknet oder in nassem Zustande auf die Felder gebracht und rief die bekannte Verschlickung des Bodens hervor. Wurde der Schlamm verbrannt, so bildeten die Destillationsgase des Fettes eine ständige Kalamität und erschwerten die Nutzung des Heizwertes.

So war die Entfernung des Fettes aus Klärschlamm zunächst eine Notwendigkeit, um den Schlamm überhaupt unterbringen, trocknen und weiterverwerten zu können. Erst später ist man dazu übergegangen, im Interesse einer vollkommenen Ausnutzung sämtlicher im Schlamm enthaltenen Werte — unter denen das Fett eine große Rolle spielt — die Abscheidung und Ausnutzung des Fettes durchzuführen.

Eine mechanische Abscheidung durch Aufsteigenlassen des Fettes zufolge seines geringen Gewichtes ist beim Schlamm nicht möglich, da die Verbindung mit den Schlammteilchen eine innige ist. Somit sind andere Maßnahmen erforderlich. Der nasse Schlamm mit hohem Wassergehalt wird in Mischkesseln mit Schwefelsäure versetzt und auf 100° C erwärmt. Die heiße Masse gelangt dann in Filterpressen, wo sie zu Preßkuchen geformt wird. Diese Preßkuchen werden durch Einführung von Dampf in die Pressen vorgetrocknet und nach erfolgter Zerkleinerung in einem Trockenapparat weitergetrocknet. Der auf diese Weise gewonnenen Substanz wird durch Benzolzusatz in einem Extraktor das Fett entzogen, das schließlich vom Benzol wieder befreit wird und durch Destillation ein gelbes und ein braunes Fett ergibt. Das Benzol wird durch Kondensation wiedergewonnen und kann mehrfach zur Verwendung gelangen. Die Ausbeute an Fett erreicht bis zu 25% der Trockensubstanz und beträgt im Mittel 15% [29]).

---

[28]) Dunbar a. a. O. S. 78 und 131 ff.

[29]) Bechold, Fett aus Klärschlamm und die Beseitigung der Rückstände, Chemiker-Ztg. 1915 Nr. 45 S. 283.

Dieses Verfahren ist zweifellos ziemlich kompliziert und erfordert neben einer kostspieligen Anlage ständig eine große Zahl geschulter Arbeitskräfte.

Praktische Durchführung erfuhr vorstehend beschriebene Methode bei der Verarbeitung des Kasseler Klärschlammes, wo zwar ein Fett gewonnen wurde, das in hygienischer Hinsicht nichts zu wünschen übrig ließ und in der Kerzen- und Seifenindustrie Verwendung fand, wo jedoch die Vertrocknung des wasserreichen Klärschlammes sich so kostspielig gestaltete, daß das Verfahren nicht mehr rentierte und der Betrieb eingestellt wurde[30]). Der Aufwand an Kohle überstieg den durch die Fettgewinnung erzielten Nutzen.

Für die Verwertung der Schlammrückstände aus der Anlage der Städte Elberfeld-Barmen hatte sich im Jahre 1915 ein Konsortium gebildet, das systematisch durchprobte, bis es nach ca. einjähriger Tätigkeit eine Lösung fand, die so ziemlich allen Anforderungen entsprach. Mittels kolloidchemischer Methoden wurde eine weitgehende Entfernung des Wassers aus dem Schlamm erzielt und dann die Entfettung vorgenommen, wobei ein Rohfett gewonnen wurde, das die Beschaffenheit einer schwärzlich-braunen Schmiere aufwies und nicht mit dem üblen Geruch von Abfallfetten behaftet war. Durch Destillation wurde dieses dunkelfarbene Produkt in ein gelbes Fett umgewandelt, das sich durch Pressen zur Hälfte in flüssiges Olein und zur Hälfte in ein festes Stearin trennen ließ.

Das Olein kann zu Putzmitteln, Putzpomade usw. verarbeitet werden oder als Spinnöl und in Schleifereien Verwendung finden. Das Stearin dient zur Seifen- und Kerzenfabrikation. Den Rückstand bildet eine pechartige Masse, die als Isoliergoudron für Bauzwecke und für Kabelisolation sowie im Straßenbau Verwendung finden kann.

Der entfettete Schlamm schließlich ist zu Feuerungszwecken gut brauchbar und dient zur Heizung der für die Entfettung angewandten Maschinen. Auch für Dungzwecke ist er verwertbar, da er im Durchschnitt 3,2% Stickstoff enthält. Zum Teil kommt eine Vermischung mit Superphosphat in Frage, wodurch ein hochwertiger Dungstoff erzielt wird.

Gasgewinnung aus Klärschlamm. Entgasung und Vergasung.

Über die Erzeugung von Kraftgas durch Verbrennung des Klärschlammes ist bereits in dem Kapitel, das von der Nutzung des Heizwertes handelt, die Rede gewesen. Es dreht sich dort um die Ent-

[30]) Jenkel, Fett aus Klärschlamm und die Beseitigung der Rückstände, Chemiker-Ztg. 1915 Nr. 78 S. 492.

gasung oder Vergasung der Schlammrückstände, wobei Gase erzeugt werden, die größtenteils zum Antrieb von Motoren verwendet werden können. Dabei hat sich die größere Zweckmäßigkeit der Vergasung herausgestellt, insbesondere bei solchem Klärschlamm, wie er durch das Kohlebreiverfahren zur Ausscheidung gelangt.

Diese Art der Gaserzeugung nützt wohl den Heizwert des Schlammes aus, indem nicht nur aus dem Zusatzmittel (Torf, Braunkohle usw.), sondern auch aus den Schlammbestandteilen — aus diesen bis zu 30% des Gesamtheizwertes — der Brennstoffgehalt für technische Zwecke Verwendung findet, doch ist das erzeugte Gas mit seinen 800—900 Wärmeeinheiten so arm an Heizwerten, daß es in Anbetracht der im Schlamme enthaltenen großen Mengen hochwertiger Gase vorteilhaft erscheint, auf eine andere Art und Weise die Erfassung dieser Werte zu bewerkstelligen.

Gas aus Faulräumen[31]).

Dies geschieht durch Nutzbarmachung der bei der Schlammausfaulung und -gärung im Faulraum auftretenden Gase. Schon seit Jahrzehnten ist es bekannt, daß beim Faulvorgang Gase von hohem Heizwerte in beträchtlichen Mengen entwickelt werden[32]). Werden nur wenige Kubikzentimeter Schlamm einer Faulkammer entnommen, so bildet sich daraus in kurzer Zeit das Gas literweise. Trotz dieser augenscheinlich sehr günstigen Tatsache wurde die Gasentwicklung lange Zeit vernachlässigt, ja sogar als eine recht lästige Begleiterscheinung betrachtet, da sie besondere Maßnahmen beim Bau einer Kläranlage erfordert und in nicht seltenen Fällen zu Explosionen führte, wodurch die gesamte Anlage zerstört wurde[33]). Erst später hat man die Bedeutung des Gasgehaltes für die Zersetzungsvorgänge und für die Trocknung von Klärschlamm erkannt, und erst in jüngster Zeit, etwa im letzten Jahrzehnt, ist man dazu übergegangen, eine Nutzung dieser Faulraumgase herbeizuführen.

Anfangs bereiteten freilich die Versuche, die zu diesem Zweck angestellt wurden, erhebliche Schwierigkeiten. Bei flachen Faulbecken war es besonders schwierig, die Gase ohne Beeinträchtigung des Klärbetriebes zu gewinnen. Erst durch die verhältnismäßig tiefen Brunnen der Frischwassersysteme, speziell des Emscherbrunnentyps, wurde es möglich, die Gase an einem oder mehreren Punkten zusammenzuführen.

---

[31]) Riedl, Die Gasgewinnung aus Klärschlamm, Doktordissert. der Münchener Techn. Hochschule, S. 5 ff.

[32]) Dunbar a. a. O. S. 202.

[33]) Dunbar a. a. O. S. 203.

Lange Zeit hegte man überhaupt große Bedenken, eine gasdichte Abdeckung der Faulräume durchzuführen, da man eine Beeinträchtigung der Betriebssicherheit befürchtete. Neuerdings hat man auf Grund reicher Erfahrungen Konstruktionen in Anwendung gebracht, die es gestatten, ohne Benachteiligung des Klär- und Faulvorganges die Gase aufzufangen[34]).

Absatzmöglichkeit.

Auch hier war die technische Lösung schneller durchgeführt als die wirtschaftliche. Die Absatzmöglichkeiten boten in den meisten Fällen Schwierigkeiten. Die Verwendung des gewonnenen Gases im Betriebe der Kläranlage war in vielen Fällen nicht in dem erwünschten Maße möglich bzw. es blieb ein Großteil für anderweitige Verwendung frei. Die Einleitung von Schlammgas in das städtische Gasleitungsnetz war andererseits schwierig, weil die Kläranlagen häufig in zu großer Entfernung vom Stadtgebiet lagen. Diese Umstände konnten jedoch auf die Dauer kein Hindernis für die Ausnutzung der Schlammgase bilden. Ob Verwertung an Ort und Stelle, Einleitung in das städtische Gasnetz oder Reinigung, Komprimierung und Abfüllung in Flaschen in Frage kommt, muß von Fall zu Fall entschieden werden, und immer wird sich die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Ausbeutung ergeben[35]). Auf die hier angedeuteten Verwendungsarten soll später noch zurückgekommen werden.

Gasmenge.

Die bei einer Gasgewinnungsanlage zu erwartenden Gasmengen hängen ab von der Menge des Schlammes, von dessen Beschaffenheit, von der Größe des Faulraumes und von der Temperatur, unter welcher die Gaserzeugung vor sich geht. Wichtig ist, daß ständig eine gewisse Menge faulenden, gärenden Schlammes in der Anlage befindlich ist, der imstande ist, neu ankommenden Schlamm schnell in einen gleichen Zustand zu versetzen, wodurch eine gewisse Gleichmäßigkeit in der Gaserzeugung gewährleistet wird[36]). Die Temperatur darf nicht zu niedrig sein, da sonst ein Absterben der für die Schlammzersetzung überaus wichtigen Bakterien befürchtet werden muß. Nicht zu vermeiden ist jedoch der ziemlich beträchtliche Unterschied in der Gaserzeugung im Sommer und Winter, da in der kälteren Jahreszeit die Abwässer nicht künstlich vorgewärmt zur Anlage kommen können und

---

[34]) Riedl a. a. O. S. 80 ff., 45 ff., 142 ff.

[35]) Imhoff, Die Verwertung des Methans aus Faulräumen, Sonderabdruck aus „Das Gas- und Wasserfach“ 1923 Heft 8, 12, 23 S. 2.

[36]) Riedl a. a. O. S. 15 ff.

eine Heizung des Faulraumes zum Zwecke erhöhter Gaserzeugung von recht zweifelhaftem wirtschaftlichem Erfolg sein dürfte.

Gemäß den bisher gemachten Erfahrungen beträgt die im Jahr für einen Einwohner gewonnene Gasmenge rund 3 cbm, d. i. im Mittel etwa 8 Liter pro Kopf und Tag. Im Sommer etwas mehr, im Winter etwas weniger[37]).

Die wichtigsten und hauptsächlichsten Bestandteile der Faulkammergasse sind: Methan, Kohlensäure, Stickstoff und Wasserstoff. Dieses Mischgas besitzt einen sehr hohen Heizwert, welcher ausschließlich dem Methan zuzuschreiben ist. Bei einem Gehalt von 7000 bis 9000 Wärmeeinheiten — je nach der Zusammensetzung — ist es dem städtischen Brenngas mit seinen 4—6000 Wärmeeinheiten überlegen.

Im rohen Zustande kann das Gas bei nicht zu großer Entfernung von der städtischen Gasleitung ohne weiteres in dieselbe eingeleitet werden, wodurch es zu einer erheblichen Verbesserung des städtischen Gases beiträgt[38]).

In vielen Fällen wird es nicht möglich sein, das Gas den städtischen Leitungen zu übergeben. Es wird dann in Stahlflaschen komprimiert und kann in dieser Form als Leucht- und Heizgas zu vielen Zwecken gebraucht werden, und zwar weit ab vom Erzeugungsort. Da das Gas selbst nichts kostet, als Betriebsstoff für die Komprimierung wiederum Mischgas der Faulräume zur Verwendung gelangt, können die Transportkosten ziemlich erheblich sein, ohne die Wirtschaftlichkeit dieser Verwendungsart zu gefährden. Jedenfalls ist es immer noch mit anderen ähnlichen Einrichtungen konkurrenzfähig.

In rohem Zustande kann das Mischgas aber auch an Ort und Stelle als Betriebsstoff für Motore benutzt werden, insbesondere zum Antrieb der in der Klärstation gebrauchten Maschinen.

Soll der Hauptbestandteil des Mischgases, das Methan, in reinem Zustande gewonnen werden, um es in hochprozentigem Zustande für besondere Zwecke (z. B. in chemischen Laboratorien) verwenden zu können, so muß das Faulraumgas noch einer besonderen Reinigung unterworfen werden. Dabei wird vor allem der Wasserstoff und der Sauerstoff entfernt[39]).

Die Faulraumgasgewinnung ist die am weitesten fortgeschrittene Verwendungsart des Klärschlammes; Mischgas gewinnt durch Einführung der abgedeckten, mit Gashauben versehenen Kläranlagen in steigendem Maße an Bedeutung. Die Auswirkung auf die Wirtschaft soll uns im zweiten Teile dieser Abhandlung beschäftigen.

---

[37]) Imhoff, Gas- und Wasserfach 1923 Heft 49 S. 2.

[38]) Blunk und Sierp, Gewinnung und Verwertung des Gases aus Faulräumen städt. Kläranlagen, Ges.-Ing. Heft 40 vom 6. 10. 1923.

[39]) Blunk und Sierp, wie Anm. 38.

Die Bedeutung für die Volkswirtschaft.

„Von der Entscheidung der Kloakenfrage hängt das Wohl der Staaten ab.“ J. v. Liebig.

Noch vor etwa 15 Jahren wurde bei den bedeutendsten Fachleuten der Abwassertechnik, und zwar bei Theoretikern wie bei Praktikern, die Ansicht vertreten, daß der Klärschlamm zwar eine sehr zu beachtende, jedoch immerhin eine nur nebenbei auftretende, lästige Rückstandsmasse sei, aus deren Verwertung niemals ein nennenswerter Gewinn erzielt werden könne. „Wir klären nicht, um Schlamm zu erzeugen und diesen zu verwerten, sondern wir klären, um das Abwasser in solchen Zustand zu versetzen, daß es unschädlich im Vorfluter abgeführt werden kann.“ So lautete die Devise.

Blickt man nunmehr, nachdem eine gewisse Höhe in der Entwicklung der Abwasserreinigung erreicht ist, auf diese Anschauung zurück, so läßt sich mit Sicherheit feststellen, daß die Behauptung, aus Klärschlamm ließe sich niemals ein nennenswerter Gewinn erzielen, bereits in verschiedener Hinsicht widerlegt ist.

Ob es nicht vielleicht doch einmal, wenn die Methoden zur Erfassung der Werte des Abwasserklärschlammes aufs vollkommenste durchgebildet sind, Ziel und Zweck der Abwasserreinigung sein wird, alle Abfallstoffe, auch die feinstverteilten, zu erfassen, also möglichst viel Klärschlamm zu erzeugen, um dadurch einerseits das geklärte Abwasser einer schnelleren Wiederverwendung auf breitester Basis zuzuführen, andererseits durch Nutzbarmachung der Schlammstoffe den höchsten Grad der Ausnützung von Kraft und Stoff zu gewährleisten, bleibt der ferneren Zukunft vorbehalten.

Hier handelt es sich darum, nachzuweisen, ob und inwiefern der Klärschlamm für die Volkswirtschaft von Bedeutung ist. Zu diesem Zwecke müssen die einzelnen Methoden, die zur Erzeugung eines verwertbaren Schlammproduktes schlechthin führen, gesondert hinsichtlich ihres Einflusses auf die verschiedenen Zweige der Wirtschaft einer Betrachtung unterzogen werden, wobei zwei große Gebiete, die vor allem bei der Verwertung des Klärschlammes gewinnen können, hervorragen: die Landwirtschaft und die Industrie. Während die Landwirtschaft nur als Abnehmer städtischer Klärschlammprodukte zum Zwecke der Düngung in Frage kommt, handelt es sich bei der Industrie vor allem um eine Beseitigung, Unschädlichmachung und Reinigung der Abwässer und erst letzten Endes um eine Wiederzuführung der so ausgeschie-

denen Abfallprodukte, wodurch ein gewisser Kreislauf in Erscheinung tritt. Allgemein kann gesagt werden, daß die Abwasserschlammbeseitigung eines der wichtigsten kommunaltechnischen Probleme und die Zurückführung der im Schlamm enthaltenen wertvollen Bestandteile, wie Fett, Stickstoff, Phosphorsäure, Heizkraft u. a. in die Wirtschaft eine nicht minder wichtige Aufgabe darstellt. Alle Methoden, die eine wirtschaftliche Abwasserverarbeitung und Klärschlammverwertung verwirklichen, sind als ideale Lösung anzusehen.

Das Bestreben, von den bisherigen Teillösungen zu generellen Lösungen, zur Erfassung aller oder möglichst vieler Nutzstoffe des Schlammes überzugehen, macht sich in steigendem Maße bemerkbar. Der Wertvernichtung zu steuern, ist das nächstliegende Ziel aller wirtschaftlich denkenden Abwasserspezialisten, denn mit der Werterfassung gelangen auch alle Bedenken gegen die schädliche Beeinflussung unserer Flußläufe in Wegfall.

4. Kapitel.

Klärschlamm als Düngemittel.

Die Verwendung frischen Klärschlammes, der mit Röhren auf die Felder geleitet wird (3. Kapitel), ist sehr beschränkt und kommt nur bei ländlicher Nachbarschaft der Kläranlage in Frage. Für gewöhnlich gelangt der Schlamm auf Trockenplätze und in getrocknetem Zustand auf das Ackerland. Noch wichtiger ist die Vermengung mit Müll und Herstellung von Mengedünger, wodurch neben der nutzbringenden Verwertung städtischen Kehrichts ein umfassender Verwendungsbereich des neuen Produktes geschaffen wird.

Wie sehr die Steigerung der Produktionsfähigkeit unseres bebauten Bodens notwendig ist, zeigt ein Blick auf die Zahlen, die Aufschluß über den Einfuhrbedarf an Getreide und Feldfrüchten überhaupt geben.

Gemäß Statistischem Jahrbuch 1924 ist ein Verfall der deutschen Ernte zu konstatieren, wie eine Gegenüberstellung der Produktionsmengen vor dem Kriege und heute zeigt. Die Zahlen beziehen sich auf das jetzige Reichsgebiet.

In Millionen Tonnen.

Im Jahre	Roggen	Weizen	Gerste	Hafer, Kartoffel
1913	10,20	4,04	3,04	44,0
1924	5,73	2,43	2,39	36,4

Im Jahre 1917 war eine vorübergehende Steigerung gegenüber 1913 zu konstatieren, dann ging die Produktion wesentlich zurück.

Das Manko von rund 10 Millionen Tonnen Getreide, das einem Wert von 2 Milliarden entspricht, muß eingeführt werden. Der Einfuhrüberschuß betrug im Jahre 1925 nach Angaben des Reichsernährungsministers 3 Milliarden, wovon 2,7 Milliarden auf landwirtschaftliche Erzeugnisse entfallen. 1925 ist die Einfuhr auf über 5 Milliarden gestiegen, wobei freilich die Spekulation eine große Rolle spielte, die vor Eintritt des neuen Getreidezolles ungeheuere Mengen von Auslandsprodukten hereinwarf. Auch wenn die überaus hohen Zahlen des letzten Jahres als nicht maßgebend außer Betracht gelassen werden, bleibt doch die Tatsache bestehen, daß durch den ständigen Import von Feldfrüchten eine untragbare Verschuldung ans Ausland eintritt, die eine weitere Verarmungsquelle unseres bereits überlasteten Volkes darstellt [40]).

Die Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge ist somit die natürliche Folgerung. Die Kunstdüngung spielt hierbei eine ausschlaggebende Rolle. Fast alle unsere Kulturböden sind vor allem stickstoffbedürftig und zum Teil in einem so hohen Grade, daß für unsere Verhältnisse der Stickstoff vorwiegend die Höhe der Ernte bestimmt. Die Stickstoffdünger nehmen somit auch in der Praxis die erste Stelle ein [41]).

Wenn man in Betracht zieht, daß wir vor dem Kriege rund 200 000 Tonnen Stickstoff zur Düngung verbrauchten [42]), so errechnet sich unter Zugrundelegung der mit Halmfrüchten, Kartoffeln und Zuckerrüben bebauten Flächen (ca. 18 Millionen ha) auf 1 ha 11 kg Stickstoff. Bezogen auf die gesamte wirtschaftlich benutzte Fläche (30 Millionen ha Statistisches Jahrbuch) resultiert nun ein Betrag von rund 6½ kg auf den Hektar. Diese Stickstoffgabe ist recht mäßig in Anbetracht der Mengen, die auf einem zeitgemäß bewirtschafteten Gute jährlich zur Anwendung gelangen. Es entfallen hier auf 1 ha zwischen 20 und 44 kg Stickstoff und im Mittel rund 32 kg pro ha.

Würde man diese Zahl zugrunde legen, so müßte der Stickstoffverbrauch Deutschlands $32 \times 18\,000\,000 = 576\,000$ t statt 330 000 t betragen, welch letztere Menge der deutschen Landwirtschaft im Jahre 1924 zur Verfügung stand (Statistisches Jahrbuch). Nimmt man aber vollends als Basis die gesamte landwirtschaftlich bebaute Fläche — und das ist in Anbetracht der Dringlichkeit ergänzender Kunstdüngung bei allen Arten von Kulturböden das einzig Richtige —,

---

[40]) Dr. Schlittenbauer, Neue Stickstoffwerke auf Wasserkraft, Münchener Neueste Nachrichten Nr. 312, 1925.

[41]) Hallinger, München, Bayerns neue Wirtschaftsaufgabe, Münch. Neueste Nachr. Nr. 304, 1925.

[42]) Braun und Dade, Arbeitsziele der deutschen Landwirtschaft nach dem Kriege S. 802.

so ergibt sich ein Stickstoffbedarf vvon 30 000 000 × 32 = 960 000 t oder beinahe 1 000 000 t.

Diese für einen Agrarpolitiker vielleicht phantastisch anmutende Zahl ist nicht etwa hier aufgestellt, um als Richtlinie und Ziel für die deutsche Industrie zu dienen, um ihr die Aufgabe zu stellen, auf schnellstem Wege zur Erzeugung dieser beträchtlichen Menge zu gelangen, sondern sie soll angeben, wie weit die Stickstofferzeugung und -verwendung getrieben werden kann und vielleicht in den nächsten Jahrzehnten getrieben werden muß, ohne das Ertragsoptimum bei den landwirtschaftlichen Erzeugnissen zu überschreiten.

Wenn nun auch diese große Menge von 1 000 000 t Stickstoff in absehbarer Zeit nicht in Frage kommen kann, so sind sich doch wohl alle Sachverständigen darüber einig, daß eine möglichst schnelle und starke Erhöhung der Stickstoffdüngung etwa auf das Doppelte des Betrages von 1924, also auf etwa 650 000 t Reinstickstoff, eines der wichtigsten Arbeitsziele auf dem Gebiete des Düngungswesens ist.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist auch eine Verbilligung dieses Nährstoffes, dessen hoher Preis seiner Anwendung in ausgedehntem Maße im Wege steht.

Die Stickstofferzeugung ist also noch eine durchaus unzureichende, und die umstrittene Frage, ob die deutsche Landwirtschaft ihren Bedarf an Stickstoff aus den vorhandenen Anlagen decken kann, ist von ersten Fachleuten verneint worden (Ministerialrat Dr. Decker).

Kommen wir in diesem Zusammenhang auf den Dungstoffgehalt, speziell Stickstoffgehalt des Klärschlammes des Städte zu sprechen, so muß freilich festgestellt werden, daß die in diesem Abfallprodukt enthaltenen Mengen im Vergleich zu obigen Zahlen klein sind und eine entscheidende Rolle bei der Frage erhöhter Stickstoffdüngung nicht spielen können. Dazu bedarf es größerer Einrichtungen, wie Ausbau von Wasserkraftwerken, Erzeugung von Elektrizität und damit Gewinnung von Stickstoff aus Luft.

Aber eine sehr wichtige Unterstützung der Naturdüngung kann mit dem Klärschlamm erzielt werden, insbesondere dann, wenn er in eine Form gebracht wird, die einen Transport auf zumindest mittlere Entfernung gestattet.

Der große Wert des Schlammproduktes für den Boden liegt nicht so sehr in seinem Stickstoffgehalt, als vielmehr in seinen physikalischen Eigenschaften, die in humusarmen Böden die Lebens- und Ausbreitungsbedingungen für die verschiedenen Arten von Bodenbakterien verbessern und dadurch die Pflanzen-

wurzelbefähigen, in ausgedehntem Maße andere Nährstoffe zu verarbeiten[43]).

Der Gehalt des Schlammes an Phosphorsäure ist insofern von größter Wichtigkeit, als wir hinsichtlich unserer Phosphorsäuredünger zum größten Teil vom Ausland abhängig sind und nach Lage der Verhältnisse nicht leicht davon freikommen können.

Um so mehr weist die Tatsache, daß ein erwachsener Mensch jährlich 50 kg feste und 450 kg flüssige Exkremente ausscheidet, von denen 1 cbm unverdünnter Ausscheidungsstoffe 2 kg Phosphorsäure enthält, auf Verwertung dieses für die Landwirtschaft unentbehrlichen Düngemittels hin. Während der Stickstoffgehalt beim Trocknen des Schlammes bis zu 40% reduziert wird, bleibt die Phosphorsäure enthalten und kann wie beim Stalldünger dem Boden zugeführt werden.

Ebenso ist es mit dem Kaligehalt, der freilich in Anbetracht der Tatsache, daß Deutschland seinen gesamten Bedarf an Kali im Inland decken kann, weniger ins Gewicht fällt.

Wenn oben die Rede davon war, daß die hauptsächlichste Bedeutung des städtischen Klärschlammes in seinen physikalischen Eigenschaften zu erblicken sei, so möchte leicht ein falsches Bild über den Effektivgehalt an Dungstoffen entstehen. Am besten wird der landwirtschaftliche Wert des Schlammes an Hand praktisch ermittelter Zahlen dargetan.

Das größte Augenmerk in dieser Hinsicht verdient die Münchener moderne Riesenkläranlage und die für die Auswertung der Abfallprodukte auf Grund praktischer Versuche ermittelten Zahlenwerte. Bei einem jährlichen Abwasserquantum von rund 107 Millionen cbm und rund 106000 cbm Frischschlamm können insgesamt 3200 t Stickstoff, 800 t Phosphor und 700 t Kali erfaßt und der Landwirtschaft zugeführt werden. Während der Großteil dieser Stickstoffmenge in dem mechanisch gereinigten Wasser, das zur Berieselung verwendet werden kann, enthalten ist, sind im Klärschlamm, der mit Feinmüll vermischt, Mengedünger ergibt, rund 400 t Stickstoff enthalten[44]).

Zieht man in Betracht, daß von den 46 deutschen Großstädten zusammen annähernd das Dreißigfache der oben angegebenen Zahlen zu erfassen ist, wenn eine planmäßige Abfallwirtschaft durchgeführt wird, so können für Deutschland 96000 t Stickstoff, 24000 t Phosphorsäure

---

[43]) Imhoff, Fortschritte der Abwasserreinigung, a. a. O. S. 56; Braun und Dade, Die Arbeitsziele der deutschen Landwirtschaft nach dem Kriege S. 804; Ehrenberg, Journal für Landwirtschaft 1915 S. 379.

[44]) Keppner, Die Münchner Abwasseranlagen, „Die Wasserkraft" vom 1. 1. 1925 S. 1 ff.

und 21 000 t Kali allein aus dem Abwasserklärschlamm der Städte gewonnen werden.

In Geldwert umgerechnet können bei einem Preise von 1,20 Mk./kg Stickstoff 115 000 000 Mk., bei einem Preise von 35 Pfg./kg für Phosphorsäure 8 400 000 Mk. und von 10 Pfg./kg für Kali 2 100 000 Mk. veranschlagt werden.

Projiziert auf die Steigerung des Bodenertrages lassen sich mit diesen aufgewendeten Dungstoffen recht bedeutende Gewinne erzielen. Während die deutsche Durchschnittsernte 1600 kg/ha beträgt, lassen sich die Erträgnisse bei genügender Düngung mit Stickstoff, Kali und Phosphorsäure auf 2500—3000 kg pro ha steigern. 1 kg Stickstoff, 3,8 kg Phosphorsäure und 3,8 kg Kali haben ein Mehr von 20 kg Getreidekörnern, 100 kg Kartoffeln und 120 kg Heu zur Folge [45]).

Wird diese Düngung planmäßig durchgeführt, so kann infolge der Ertragssteigerung der Landwirtschaft der deutsche Einfuhrüberschuß aufgehoben werden. Für den nächsten Umkreis der Großstädte spielen dabei die nutzbringend verwerteten Abfallstoffe eine wesentliche Rolle. Dabei ist belanglos, ob die nächste Umgebung bereits landwirtschaftlich mit mehr oder minder großem Erfolg bebaut ist, oder ob Heide, Öd- und Moorland das Stadtgebiet umgibt. Gerade in letzterem Falle ist eine Verwertung der Abwasserschmutzstoffe besonders anzustreben, wie im nächsten Kapitel dargelegt werden soll.

Schlammdünger — das soll hier noch einmal kurz festgestellt werden — ist Stalldünger zumindest ebenbürtig und, nachdem er sich in einer Form befindet, die einen Transport in Lastkraftwagen, Rollbahnen oder wohl auch in Eisenbahnwaggons gestattet, kann er in einem Umkreis von etwa 30 km — die Schlammerzeugungsanlage als Mittelpunkt gerechnet — unbedenklich gebraucht werden. So wird es möglich sein, in gewissen Gebieten mit ganz geringen Zusätzen von künstlichen Düngemitteln auszukommen, indem in erster Linie Mengedünger, als Ergänzung Stalldünger zur Verwendung gelangt. Das Produkt ist nicht teuer, weil es bisher unter Verursachung von Kosten in den Flüssen abgeführt wurde und nun durch seinen Verkauf lediglich soviel einbringen soll, als die Kosten für die Ausscheidung, Bergung und Aufbereitung der Schmutzstoffe ausmachen. Und auch davon ist unter Umständen nur ein Teil einzubringen, da durch anderweitige Verwertungsmaßnahmen gleichfalls zur Deckung der Unkosten beigetragen wird.

---

[45]) Hallinger a. a. O., Münchener Neueste Nachrichten.

5. Kapitel.

Der Klärschlamm im Dienste der Moor- und Ödlandskultur.

Von überragender Bedeutung für die Volkswirtschaft ist die Verwertbarkeit des Klärschlammes zur Kultivierung bisher unbebauten Bodens, wie Moor- und Ödland. Von den Fachgenossen erst in neuester Zeit als tauglich dafür befunden, ist bei der Allgemeinheit die Verwertung von Klärschlamm als Mittel zur Urbarmachung unbebauten Landes schlechthin unbekannt.

Bevor wir uns der Frage der Anwendungsmethode zuwenden wollen, sei zunächst von dem Ziele und den Möglichkeiten die Rede, die dem Klärschlamm bei seiner Anwendung auf diesem Gebiet offen stehen.

Deutschland, das im Vergleiche zu anderen Staaten recht günstig mit seinen Moor- und Ödlandsflächen daran ist, besitzt immerhin noch die stattliche Zahl von rund 1,8 Millionen ha (etwa $^1/_8$ des Reichsgebietes) unbebautes Land. Bringt man davon das niemals für landwirtschaftliche Zwecke brauchbare Unland, das sind Gebirgsböden, in Abzug, so bleiben nach vorsichtiger Schätzung etwa 500 000 ha Moor- und Ödland übrig, deren Produktionskraft unschwer der deutschen Volkswirtschaft eingefügt werden kann und gemäß der Entwicklung der Verhältnisse höchstwahrscheinlich eingefügt werden muß. Deutschland weist nämlich trotz der Gebietsbeschneidung und der zunehmenden Verschlechterung der Ernährungslage eine Steigerung der Bevölkerungsziffer auf [46]) [47]).

Die meisten Staaten haben aus volks- und staatswirtschaftlichen Gesichtspunkten heraus großes Interesse an der Zurückführung der landwirtschaftlich ungenutzten Gebiete auf ein möglichst geringes Maß. Deutschland, das durch den Vertrag von Versailles 13% der gesamten und 14,2% der landwirtschaftlich genutzten Flächen verloren hat, ist besonders eindringlich auf die Heranziehung bisher unbenutzten Landes angewiesen. Infolge dieser Gebietsverluste ist eine Verringerung der deutschen Bevölkerung um 10%, der Anbauflächen um 17% eingetreten,

---

[46]) Handwörterbuch der Staatswissenschaften Bd. 2 S. 732

Tabelle III: Zunahme der Bevölkerungsziffer:

	qkm	Zahl der Einwohner	1 qkm
Deutsches Reich früheren Umfanges	542 622	64 925 000	120
Jetzigen Umfanges	472 034	58 447 993	124

[47]) Trommeter, Landesanstalt für Moorwirtschaft, München: Die Moor- und Ödlandskultur im Dienste der Volkswirtschaft.

so daß eine merkliche Beschneidung des Nahrungsmittelspielraumes zu konstatieren ist.

Schon immer haben Schwierigkeiten in der Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln, gleichgültig, ob durch schlechte Ernten, Landverluste im Kriege und Übervölkerung verursacht, zu einer Heranziehung bislang unbebauten Landes geführt. Bereits im Kriege hat man, als Deutschland ganz allein auf sich gestellt war, alles irgendwie verwendbare Land herangezogen und so eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion erzielt. Aber auf die Dauer konnten die Erzeugnisse des Bodens nicht mit der sprunghaft ansteigenden Bevölkerungsziffer gleichen Schritt halten, um so mehr, als in vielen Fällen Raubbau schlimmster Art getrieben wurde und der Boden nicht zum geringsten Teil an Nährstoffen zugesetzt bekam, als ihm entnommen wurde [48]).

Die sich daraus gestaltenden schlimmen Verhältnisse und die Gefahr einer unzureichenden Volksernährung wurden freilich behoben, indem nach dem Kriege das Fehlende durch Einfuhr ergänzt wurde. Die dafür gebrachten Opfer sind jedoch schwer.

Die Heranziehung des Öd- und Moorlandes ist somit zur eisernen Notwendigkeit geworden [49]). Deutschland ist zufolge seiner Produktionsflächen, sowohl der bereits bebauten, als auch der noch zu kultivierenden, imstande, bei entsprechender Anwendung der für die Produktionssteigerung landwirtschaftlicher Erzeugnisse zur Verfügung stehenden Mittel, von jeglicher Einfuhr solcher Bodenprodukte freizukommen und sogar — wie viele ernst zu nehmende Wirtschaftler nachzuweisen versuchen — zum Getreideexporteur zu werden.

Die Aufgabe der Kultivierung von 500 000 ha Moor- und Ödland ist gestellt und Berechnungen über die dadurch zu erzielenden Erträge sind auf gesunder Basis durchgeführt. Würde dieses Land etwa zur Hälfte mit Halmfrüchten bestellt werden und würde mit einer Normalernte von 40 Ztr. vom Hektar gerechnet werden, so ergäbe sich eine Ernte von 10 Millionen Ztr., kämen auf der anderen Hälfte Kartoffeln zum Anbau, so könnten bei einer mäßigen Ernte von 300 Ztr./ha 75 Millionen Ztr. gewonnen werden [50]). Übertragen auf die Volksernährung bedeutet das etwa die Versorgungsmöglichkeit von 5 Millionen Menschen mit Kartoffeln (jährlicher Bedarf pro Kopf 700 kg) [51]) und

---

[48]) Trommeter a. a. O.

[49]) „Torfwirtschaft" (Berlin) 6. Jahrg. Nr. 22 vom 25. 11. 1926 S. 173 ff.

[50]) Trommeter a. a. O.

[51]) Braun und Dade, Arbeitsziele der deutschen Landwirtschaft nach dem Kriege S. 295: 45 Mill. Tonnen Kartoffelverbrauch bei 58 Millionen Einwohnern = 700 kg je Kopf.

von etwa 3½ Millionen Menschen mit Getreide. Kommt es zu einer praktischen Auswertung dieser 500 000 ha, so wird selbstverständlich eine systematische Bebauung nach Maßgabe der Fruchtwechselwirtschaft Platz greifen, denn obig genannte Zahlen sollen nur die Bedeutung der zu kultivierenden Flächen im Rahmen der Volkswirtschaft dartun.

Schwierigkeiten bei der Lösung des hier gestellten Problems bietet vor allem die Frage der Kapitalbeschaffung. Eine großzügige Organisation kann bei den spärlichen Mitteln, die für solche Zwecke zur Verfügung stehen, nicht durchgeführt werden. Bleibt also lediglich die Möglichkeit der stückweisen Eroberung dieses brachliegenden Neulandes, und hier tritt der Klärschlamm — am besten in Form von Mengedünger — in seiner größten Bedeutung in Funktion.

Wiederum dürften die im Zusammenhange mit der Münchner Anlage vorgesehenen Maßnahmen zur Urbarmachung der Fröttmaninger- und Garchinger Heide als zweckmäßigstes Schulbeispiel für die Bedeutung des Klärschlammes als Kultivierungsmittel dienen [52]).

Klärschlamm mit Feinmüll gemischt wird als sogenannter Mengedünger auf die öden Schotterflächen der Fröttmaninger- und später der Garchinger Heide 30 cm hoch aufgeschüttet. Oberreg.-Rat Christmann schreibt in der Denkschrift über die Münchener Abwasserfrage vom Jahre 1921: „Auf diesen Heideflächen tritt der Kies fast zutage, die Humusdecke ist sehr dünn, so daß nur anspruchslose Vertreter der Pflanzenwelt ihre kümmerliche Existenz fristen können. Verkrüppelte, unterernährte Föhren sind ein lebendes Bild der Armut. Eine graue Flechtendecke, wie sie auf verwahrlosten Obstbäumen wuchert, überzieht den Boden und nimmt krachend den darüberschreitenden Fuß auf. Gar mancher Reitersmann hat hier seine edle Kunst geübt, nun sind die Zeiten andre geworden, und das hungernde Volk schreit nach Brot. Die ausgedehnten, landwirtschaftlich ungenutzten Heideflächen vor den Toren der Großstadt müssen in den Dienst der Volksernährung gestellt werden. Durch Auflagerung des Mengedüngers können alljährlich 70 ha produktiven Kulturlandes geschaffen werden.

Nicht nur reiche Nährstoffe werden so dem Boden zugeführt, sondern es wird sich auch die physikalische Gestaltung des Bodens infolge der Zuführung organischer Substanz ändern und der Wasserhaushalt des Geländes bessern. Von ganz besonderer Bedeutung ist die Belebung des Bodens mit Bakterien, die in unermeßlicher Zahl sowohl im Müll wie im Kot enthalten sind und die landwirtschaftliche Erzeugung aufs günstigste beeinflussen."

---

[52]) Keppner, Die Beseitigung der städtischen Abwässer und ihre wirtschaftliche Nutzung, aus: „Die Technik in der Landwirtschaft", Berlin NW 7 (Verlag Deutscher Ingenieure), Sonderdruck aus Heft 3 und 4.

Mittels Rollbahnen oder Traktorenzügen wird der Mengedünger auf die Heideflächen gefahren und zur Verstärkung der schwachen Ackerkrume aufgebracht[53]). Eine 30 cm hohe Schicht ist nach eingehenden Berechnungen in der Lage, bei geeigneter Wahl der Feldfrüchte 6 Jahre lang ohne Erneuerung die notwendigen Pflanzennährstoffe zu liefern. In Zahlen ausgedrückt ist der Reinertrag ein erklecklicher (380 000 Mk. im ersten, 2 280 000 Mk. nach dem 6. Jahre). Darüber hinaus ist die beträchtliche Bodenwertsteigerung in Betracht zu ziehen, die durch die Verbesserung und Nutzbarmachung in Erscheinung tritt. Mit Zahlenwerten läßt sich diese freilich nicht angeben.

Auf solche Art gewonnenes Neuland liefert bei gleichem Aufwand an Düngemitteln und Arbeit ungleich höhere Erträge als bereits intensiv genutztes altes Kulturland. Schon im ersten Kulturjahr wird ein zwei- bis dreimal so hoher Körnerertrag erzielt wie auf altbebautem Boden. Auch ist der Bedarf dieser zu kultivierenden Böden, speziell bei Niedermooren, an Stickstoff, als dem teuersten Düngemittel, am geringsten.

Nicht überall gestalten sich freilich die Verhältnisse so günstig wie in vorliegend geschildertem Falle, wo auf Grund vorgenommener Versuche berechtigter Anlaß zur Aufstellung solcher günstiger Ergebnisse besteht. Oft werden Verhältnisse anzutreffen sein, wo eine hochwertige Düngung besser auf Kulturboden angewendet würde, wodurch sich die landwirtschaftliche Erzeugung bei weitem mehr steigern ließe, als durch die Verwendung von Düngemitteln im sterilen Boden. Auch bei bester Düngung können dann Erträge vom Sandboden weit hinter den Mehrerträgen auf alten Kulturböden zurückbleiben[54]). In solchen Fällen kommt außer der Produktionssteigerung ein weiterer Faktor hinzu, der für die Kultivierung auch solchen Ödlandes spricht, nämlich die Schaffung von genügend Neuland, um neue Bauernhöfe errichten und zweite und dritte Landwirtssöhne ansiedeln zu können. Gerade darin wird von mancher Seite der Hauptzweck der Ödlandskultur erblickt, den Landhunger von Leuten zu stillen, die als Landwirte geboren und aufgewachsen sind und über die nötigen Fähigkeiten und Kenntnisse in der Landwirtschaft verfügen[55]). Diese Leute von der Abwanderung in die großen Städte, wo sie leider häufig nur Geringes leisten oder gar verkommen, zurückzuhalten und auf Neuland seßhaft zu machen, ist der edelste Zweck der Ödlandskultur. Mit der Zeit wird ja auch dieses

---

[53]) Keppner, Die Münchener Abwasseranlagen, „Die Wasserkraft" 20. Jahrg. Heft 1 vom 1. 1. 1925 S. 4.

[54]) Dr. S., Ödlandskultur, „Die Torfwirtschaft" 6. Jahrgang Heft 8 vom 25. 4. 1925 S. 67.

[55]) „Torfwirtschaft" 6. Jahrg. Heft 8 S. 67; Handwörterbuch der Staatswissenschaften Bd. 2 u. 6: Innere Kolonisation.

weniger hochwertige Neuland zu gutem Kulturland, insbesondere wenn es möglich ist, ständig brauchbaren Dünger zu billigem Preise beizuschaffen. Wird die Ödlandskultur und Besiedelung richtig gehandhabt, vor allem bei den zu kultivierenden Flächen und unter den Besiedlern die richtige Auswahl auf Eignung getroffen, dann stellt sich die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion von selbst ein und es wird weiter die Seßhaftmachung eines neuen Bauernstandes erreicht. Hier kann man dann mit Recht von einer Kolonisation nach innen sprechen, die gerade nach dem Verluste unserer Kolonien besonders hoch anzuschlagen ist.

Klärschlamm als trockene Substanz allein oder in Verbindung mit Feinmüll als Mengedünger gelangt von der Vertriebsstelle des Klärwerkes, also von einer städtischen oder gemischtwirtschaftlichen Stelle aus zum Verkauf. Ist für Münchener Verhältnisse die organisierte Gewinnung von Ödland durch Aufschütten einer Klärschlammschicht als Norm ins Auge gefaßt, so besteht kein Bedenken gegen die Einrichtung obig erwähnter Vertriebsstelle, von welcher aus Landwirte, die als Interessenten auftreten, beliefert werden können. Der Verkauf kompostierter Abfallstoffe, speziell von Klärschlamm, ist bei deutschen Städten häufiger, als man obenhin annimmt. Wertvollen Aufschluß hierüber gibt die Beantwortung einer Rundfrage, welche von der Vereinigung Technischer Oberbeamten deutscher Städte bzw. deren Ausschuß zur Prüfung der Frage nutzbringender Gestaltung der Städtereinigung an alle deutschen Städte mit 25 000 Einwohnern und mehr ergangen ist[56]). Darnach wird frischer Klärschlamm in 32 Städten unmittelbar als Dung benutzt, in 19 Orten an der Luft, in 4 maschinell getrocknet, in 6 Fällen kompostiert und in 2 Fällen zur Auffüllung verwendet. Nasser, ausgefaulter Klärschlamm wird in 14 Städten in Jauchewagen ausgefahren und versprengt, in 6 Städten in dünnen Schichten auf Felder gepumpt. In 54 Fällen wird der ausgefaulte, nasse Schlamm getrocknet und in 34 der erdige Trockenschlamm auf Felder gefahren und untergegraben.

Mengedünger wird in 16 Städten hergestellt, mehrfach nur versuchsweise. Die Zusammensetzung ist nach Menge und Herkunft der Stoffe fast überall verschieden, es werden Torfmull mit menschlichen Abgängen im Verhältnis 1:2, Torfmull mit anderen Rückständen im Verhältnis 1:6, Fäkalien mit Müll und Klärschlamm im Verhältnis 1:10, Kanalschlamm mit Kehricht im Verhältnis 1:1 vermengt.

---

[56]) Dr.-Ing. Heilmann, Stadtbaudirektor, Die Verwertung städtischer Abfälle, Ges.-Ing. 1925 Heft 31 S. 381.

Die Verkaufspreise schwanken zwischen 25 Pfg. und 8 Mk. je cbm. Einige Städte erzielen einen Gewinn, bei etwa der gleichen Anzahl gleichen sich Herstellungskosten und Erlös aus, bei der Mehrzahl ist mit Verlust oder auch mit Nichtabnahme des Düngers zu rechnen.

Die moderne Zusammensetzung des Mengedüngers ermöglicht einen vergrößerten Verwendungsbereich gegenüber nassem oder auch trockenem Klärschlamm, da bei gleichbleibender Menge ein ungleich höherer Dungwert vorhanden ist. Die Verladung kann in offenen Fuhren, Waggons oder auch in Säcken erfolgen und von der Vertriebsstelle bei der Kläranlage durch Interessenten aller Art bezogen werden. Bezieht der Großlandwirt bei Bestellung mittels Eisenbahnwaggon, so kann der kleine Betrieb und der Siedler seinen Bedarf an Mengedünger durch Selbstabholung decken.

Ein Hauptgesichtspunkt bei der Bereitstellung des Mengedüngers ist die Notwendigkeit der Ausschaltung von Groß- und Kleinhandel. Die Verteilungsfunktionen müssen vom Erzeuger selbst übernommen werden, da das Einschieben von Händlern eine Verteuerung zur Folge hätte, die das Produkt keineswegs vertragen würde.

Aufgabe der Verwaltung ist es somit, die für den Absatz an Private notwendige Aufklärungsarbeit über Wert und Bedeutung des Mischdüngers zu leisten, eine Verkaufs- und Verteilungsstelle im Zusammenhange mit dem städtischen Kläranlagewerk zu errichten und zum Teil auch die nötigen Transportfunktionen zu übernehmen, also einen eigenen Fuhrpark zu beschaffen und zu unterhalten. Auf diese Weise wird es möglich sein, den Verkauf von Mischdünger rentierlich zu gestalten, wie ähnliche Maßnahmen in den Städten Elberfeld-Barmen gezeigt haben.

Die Wertsteigerung der erschlossenen Moor- und Ödländereien ist eine ständige [57]), denn in engem Zusammenhange mit den fruchtbar gewordenen Ödländereien steht die Industrialisierung des platten Landes oder vielmehr die Frage der Verlegung der Industrie von den Großstädten aufs Land. Die Dezentralisation wird zwangsläufig notwendig, wenn es möglich sein soll, dem Arbeiter gesunde Lebensbedingungen, eine Heimstätte zu schaffen. Eng verknüpft damit ist die Frage der vorteilhaftesten Art der Bewirtschaftung des urbar gemachten Ödlandes. Neben der Ansiedlung von Landwirtssöhnen ist anderwärts versucht werden, die kultivierten Flächen in einzelne kleine Parzellen aufzuteilen, Siedlungsgebiete zu schaffen und bedürftige Leute ansässig zu machen, Leichtkriegsbeschädigte etwa, die durch Bebauung von einem Stück eigenen Landes ihren Lebensunterhalt erwerben könnten. Doch

[57]) Keppner a. a. O. S. 49.

waren die dabei gemachten Erfahrungen keineswegs die besten. Die landwirtschaftlichen Produkte sind nach Stabilisierung der Währung im Vergleiche zu allen übrigen Bedarfsgegenständen des täglichen Lebens sehr im Preise zurückgeblieben, so daß eine Zeit der wirtschaftlichen Not über die Siedler hereinbrach.

Eines konnte dabei festgestellt werden, daß alle diejenigen, die die Bewirtschaftung eines kleinen Stückchen Lands im Nebenberuf übernommen hatten und im Hauptberuf in der Industrie, im Gewerbe oder wohl auch in größeren landwirtschaftlichen Betrieben beschäftigt waren, recht gut die kritischen Zeiten überwunden haben — soweit sich ein abschließendes Urteil hierüber überhaupt fällen läßt — und zum Teil zu einem bescheidenen Wohlstand gelangt sind.

Die Aufteilung von Großbetrieben in Kleinbetriebe ist vielfach als ein Hauptziel der inneren Kolonisation aufgefaßt worden. Mit Recht sagt Ballod[58]) den Gegnern des Großbetriebes, daß bei dieser Art, innere Kolonisation zu betreiben, eine gewisse Vorsicht zu üben ist, insofern, als nicht ein jeder landwirtschaftliche Großbetrieb, bloß weil er Großbetrieb ist, als für die Zerschlagung in eine Anzahl Kleinbetriebe geeignet zu betrachten ist; es kommt sehr darauf an, die kulturell hochstehenden Großbetriebe zu schonen und zu erhalten, erstens, weil der kulturell hochstehende Großbetrieb der Träger des landwirtschaftlichen Fortschrittes ist, und zweitens, weil er gewissermaßen als Korrelat der Stadtbevölkerung anzusehen ist, eine verhältnismäßig auf die Fläche gerechnet größere Menge an pflanzlichen Nährstoffen auf den Markt bringt als der Kleinbetrieb, dem dafür der Vorzug innewohnt, daß er in der Viehzucht besseres leistet.

Die Belassung der Großbetriebe und Neuschaffung von Kleinbetrieben liegt aus diesen Gründen nahe.

Über zweckmäßige Siedlungsmaßnahmen gibt der Jahresbericht über das 8. Geschäftsjahr der Bayer. Siedlungs- und Landbank Aufschluß. Neben landwirtschaftlichen Siedlungen wurden ländliche Kleinsiedlungen an 19 Baustellen mit 104 Bauten, davon 35 für Schwerkriegsbeschädigte und Kriegerwitwen und 15 für abgebaute Beamte errichtet. Das Angebot von landwirtschaftlichen Anwesen und Grundstücken war so stark, besonders von Nichtlandwirten aus der Kriegszeit, andererseits war auch die Nachfrage groß besonders von Landwirten, die für unhaltbare größere Güter kleinere Anwesen haben wollten, von Bauernsöhnen, die heiraten wollten, von landwirtschaftlichen Arbeitern und Dienstboten. Besonderes Augenmerk wurde, wie der Be-

---

[58]) Ballod, Wechselbeziehungen zwischen Stadt und Land, Arbeitsziele der deutschen Landwirtschaft nach dem Kriege.

richt mitteilt, der Ansiedlung von landwirtschaftlichen Arbeitern und Dienstboten zugewendet. Die Durchschnittsgröße der Anwesen betrug bei den Arbeitern 6 Tagewerk, bei Dienstboten 3 Tagewerk. Ferner wurden 122 Kriegsbeschädigte und 672 andere Kriegsteilnehmer berücksichtigt.

Abschließend meldet der Jahresbericht von einer Besichtigungsfahrt bis Moosburg und Wartenberg (nordöstlich von München im Ödlandsgebiet), die einen Ausschnitt aus den 2000 in Bayern errichteten Landarbeiterwohnungen zeigte. Viel Behagen und Heimfreude wurde hierbei angetroffen.

Diese Erfahrungstatsache kann vielleicht als Fingerzeig bei der Siedlungspolitik für die neu zu erobernden Flächen vor den Toren Münchens dienen: Unterteilung des Neulandes in kleine Anteile und Seßhaftmachung möglichst vieler in dem Betriebe der Kläranlage, des Kraftwerkes, der Landwirtschaft usw. beschäftigten Arbeiter.

Zur Hebung der landwirtschaftlichen Produktion kommt aber nicht allein die Urbarmachung bisher unbebauter Gebiete in Frage. Es sind noch große Flächen verbesserungsfähigen Geländes vorhanden, welches bereits roh kultiviert ist und das bei entsprechender Behandlung in verhältnismäßig kurzer Zeit dazu beitragen könnte, unsere Wirtschaft auf eine viel tragfähigere Grundlage zu stellen. Herr Ministerialrat Professor Weigmann führte auf der 4. Tagung des Bundes der Freunde der Technischen Hochschule in seinem Vortrage: „Kulturtechnik und Landwirtschaft" darüber aus: „Überschauen wir unsere nächsten Zukunftsaufgaben, so schweifen unsere Blicke hinaus, um im Norden zu beginnen, auf die teilweise noch unwegbaren Riesenflächen bester Basaltböden in der Rhön, auf die unsinnig bewässerten oder sonst versumpften Wiesen im Spessart, in der Pfalz und auch im Bayerischen Wald; auf die dem Nährstoffgehalt nach so außerordentlich wertvollen, aber wegen großer Feinkörnigkeit an stauender Nässe leidenden Lehm- und Lößboden fast aller Landstriche, besonders des fränkischen Stufenlandes im Muschelkalk, Keuper, Jura und in den tertiären Hügelzonen, dann im Ries, welche Flächen nach Entwässerung die besten Weizenböden abgeben, auf die nur mit schwacher Humusschicht überdeckten, durch Bewässerung anzufeuchtenden sandigen Talböden Frankens oder die Terrassen-Schotterflächen Südbayerns, auf die stärker besiedelten, noch versumpften Teile der großen bayerischen Wiesenmoore, besonders des Donau-, Lech- und Isarmooses, auf die Randgebiete des Dachauermooses und der Donauriede, auf die kleinen Filzen und Niederungsmoore des südbayerischen Moränengürtels, auf die durch Überflutung und hohe Stromwasserstände leidende weite pfälzische Rheinniederung und schließlich auf die zahllosen breiten und

schmalen, im Besitz zersplitterten alluvialen Wiesengründe in ganz Bayern, die versumpft und zeitweise vermurt oder überflutet werden von den sie beherrschenden Bach-, Wildwasser- und Flußläufen, welche ungebändigt dahinziehen und in jedem zweiten und dritten Jahr eine Ernte vernichten. Bei weiterem Ausbau des Kulturbaudienstes könnte in wenigen Jahren 1 Million Tagwerk einer ertragreichen Kultur zugeführt werden. Dann könnte von Bayern mit den Worten des bahnbrechenden ersten deutschen Kulturingenieurs Friedrich des Großen (nach der Melioration des Oderbruches) gesagt werden: „Es gibt auch hier Land von der Größe von Bezirken zu erobern, ohne einen Soldaten zu opfern, durch fruchtbare Friedensarbeit!"

Was hier sehr ausführlich von bayerischen Verhältnissen gesagt wurde, gilt in gleichem Maße vom übrigen Deutschen Reich. Um nur einige Gebiete in Mittel- und Norddeutschland anzuführen, sei auf die Moorgebiete der Provinz Sachsen (Seyda), auf die Umgebung von Hannover (Käsdorf, Friedrich-Wilhelmsdorf, Freistatt), auf Holstein (Rickling) und die Lüneburger Heide sowie auf Ödflächen der Mark Brandenburg verwiesen. Allerwärts ist halbkultiviertes, vernachlässigtes, den Naturgewalten (Überschwemmungen) ausgesetztes, im Ertrage schwaches Land vorhanden, das vielleicht, sofern es nicht ungünstig gelegen ist, als dankbarster Konsument von Abwasserklärschlamm angesehen werden kann. Die für die Verbringung von Schlamm auf das zu düngende Land in Frage kommenden Transportmaßnahmen sollen uns in einem späteren Kapitel beschäftigen.

6. Kapitel.

Abwasserklärschlamm und Industrie.

Schwieriger als der Einfluß des Klärschlammes als Düngemittel auf die Landwirtschaft ist die Bedeutung dieses Abfallproduktes für die Industrie klarzulegen. Während dort an Hand nüchterner Zahlen nachgewiesen werden kann, wie bei entsprechender systematischer Anwendung ein Großteil der sonst einzuführenden ausländischen Dungstoffe ersetzt werden kann und eine Steigerung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse damit erzielt wird, ist es nicht ganz leicht, scharf umrissen den Nachweis der wirklich nützlichen Auswirkung der Klärschlammprodukte, wie Heizkraft, Fett und Gas, auf die übrigen Zweige der Volkswirtschaft zu erbringen. Die Wertung dieser im Schlamm enthaltenen Stoffe ist jedoch von großer Wichtigkeit. Wenn auch zugegeben werden muß, daß die Heizkraft und das Abwasserfett mit teils recht zweifelhaftem Erfolge und unter großem Aufwand an Arbeit und Material, also zumeist unwirtschaftlich, bisher gewonnen

wurden, so ist von diesem ungünstigen Urteil die Gasgewinnung zumindest auszunehmen, da es bereits jetzt ohne Zweifel möglich ist, dieselbe rationell zu gestalten.

Bei den Versuchen zur Gewinnung der in getrocknetem Schlamm enthaltenen Heizkraft, die uns hier des näheren beschäftigen soll, handelt es sich um Maßnahmen, die bei den meisten Abwasserfachleuten wenig Anklang fanden. Was die bereits im ersten Teile dieser Abhandlung geschilderten Methoden anlangt, durch welche auf dem Wege der Verbrennung oder Destillation des Klärschlammes der Heizwert in Form von Destillations- oder Generatorgas erfaßt werden soll, so muß festgestellt werden, daß es sich dabei um technische Möglichkeiten handelt, die jedoch bei einer praktischen Durchführung im großen nicht zu einer wirtschaftlichen Ausbeute führen können. Die Akten sind über diese Frage bereits so ziemlich geschlossen. Aus diesem negativen Ergebnis folgernd alle Absichten auf Nutzung des Heizwertes fallen zu lassen, wäre jedoch keineswegs richtig.

Das Kohlebreiverfahren, bei dem eine Vermengung der Heizstoffe des Abwassers mit einem anderen Brennmaterial wie Torf, Kohle oder Braunkohle stattfindet, ist auf jeden Fall von diesem ungünstigen Urteil über die Heizwertnutzung auszuschließen.

Dieses Verfahren — speziell das Torfbreiklärverfahren — hat in Städten, in deren nächster Umgebung sich Moore und somit Torfgewinnungsgebiete befinden, eine große Zukunft. Kann doch bei der Torfbreiklärung, rationelle Arbeitsweise vorausgesetzt, gleichzeitig in mehrfacher Hinsicht den Forderungen einer planmäßigen Wirtschaft entsprochen werden: durch systematischen Abbau des Moorlandes wird es einerseits möglich sein, neues Gelände für die Landwirtschaft zu schaffen, andererseits gestattet das Torfpräparat, eine ergiebige Klärung der Abwässer durchzuführen, und schließlich wird mit dem Torfbreiklärschlamm ein Produkt geschaffen, das, in entsprechende Form gebracht, als Heizmaterial vielseitig verwendet werden kann. Während sich das 5. Kapitel mit Moorlandskultur im allgemeinen befaßt, möge in diesem Zusammenhange von unseren Torfmooren und deren Abbauprodukte, dem Torf, noch kurz die Rede sein.

Die Ansichten, was unter den Begriff „Moorland" zu rechnen ist, gehen sehr weit auseinander, infolgedessen die Größenangaben selbst im Deutschen Reiche ziemlich unzuverlässig sind. Der Abbau der Torfmoore hat in dem letzten Jahrzehnt zwar gute Fortschritte gemacht, doch ist noch mit einer beträchtlichen Fläche Moorlandes, das der Urbarmachung harrt, zu rechnen. Gemäß Statistischem Jahrbuch von 1924 mit rund ½ Millionen ha, in welche Fläche sich Hochmoore und Niedermoore zu etwa gleichen Hälften teilen.

Zur Kultivierung und Verwertung von Hochmooren können im allgemeinen zwei Wege eingeschlagen werden. Der eine bezweckt die Gewinnung kulturfähigen Acker- und Wiesengeländes, der zweite eine technische Verwertung des Torfes für die verschiedensten Zwecke der Industrie. Was die gewerbliche Verwertung des Torfes anlangt, so sind wohl Versuche unternommen worden, die eine Nutzung der spezifischen Eigenschaften zum Ziele hatten, so z. B. die Versuche, aus den Torffasern ein brauchbares Gespinst zu erzeugen, die jedoch an der geringen Festigkeit der in jahrhundertlanger Verwitterung zermürbten Torffaser scheiterten. Wichtiger ist die Nutzung der oben erwähnten desinfizierenden Eigenschaften des Torfes in Form von Torfstreu, Torfmull und schließlich die schalldämpfende und wärmezurückhaltende Fähigkeit in Form von Torfplatten für die verschiedensten Zwecke von Handel und Industrie [59]).

Die beiden Methoden der Kultivierung und Verwertung von Hochmooren, nämlich die „holländische Verfehnung" und die „deutsche Hochmoorkultur", werden zweckmäßig gleichzeitig angewandt, denn nur dadurch wird ein wirtschaftlicher Abbau des Moores und eine Neulandgewinnung zu ermöglichen sein. Die holländische Verfehnung, bei der das abzubauende Moor mit einer größeren Zahl von Kanälen durchzogen wird, hat ihren Ausgang in Holland genommen und ist heute allein nicht mehr durchzuführen. Die deutsche Hochmoorkultur besteht in einer flachen Dränierung und in einer Überführung des (im Gegensatz zum Verfehnungsverfahren) nicht abgetorften und nicht besandeten Hochmoores in kulturfähiges Acker- und Wiesenland.

Die Erzeugung von Elektrizität aus Brenntorf ist mit gutem Erfolg durchgeführt worden. Der Torfverbrauch pro Kilowattstunde wird mit 2 kg angegeben. Diese Elektrizität erfordert jedoch kostspielige Anlagen, Betriebe und Wartung. Vor dem Kriege war ein solches Vorgehen möglich, wenn bei genügend vorhandenem Kapital in der Nähe von abzubauenden Hochmooren eine Überlandzentrale mit den entsprechenden Krafterzeugungsmaschinen errichtet wurde, wie es bei Aurich durch die Siemens-Schuckert-Werke geschah. Die dabei erzielten Resultate haben den Beweis erbracht, daß sich die Torflager zur Erzeugung elektrischer Energie im großen sehr vorteilhaft verwenden lassen [60]) [61]).

---

[59]) Groß, Bayer. Torfstreu und ihre Nutzung im Stall, „Die Torfwirtschaft" 6. Jahrg. Heft vom 25. 4. 1925 S. 61 ff.

[60]) Caro-Berlin, Die Torflager als Kraftquellen, Danzig (Verlag A. W. Kafemann) 1906.

[61]) Benetsch, Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Torfmoore und Wasserkräfte, Berlin 1914, S. 53.

Heute, wo ein Abbau der Moore von nicht minder großer Bedeutung ist, kommen solche teuren Anlagen kaum mehr in Frage, und es handelt sich darum, Methoden aufzufinden, durch welche eine wirtschaftliche Verwertung des Torfes ohne kostspielige Einrichtung erreicht werden kann.

Mit der Torfvergasung ist man diesem Ziele schon einen Schritt näher gekommen. Der modernen Technik war es vorbehalten, Torf mit über 60% Wassergehalt in Generatoröfen zu vergasen, bei der Vergasung wichtige Nebenprodukte, besonders das für Industrie und Landwirtschaft wertvolle schwefelsaure Ammoniak zu gewinnen und das erzeugte Gas unmittelbar in wirtschaftlich hochwertigen Gasmaschinen zu verbrennen. Besonders reich an Stickstoff sind die bayerischen Moore. Aus einer Tonne Torf (Trockensubstanz) können 70—80 kg schwefelsaures Ammoniak und so viel Kraftgas von 1200—1300 W.E. gewonnen werden, wie einer Leistung von 650 bis 750 P.S./Std. entspricht.

Aber auch die alleinige Torfvergasung hat sich trotz ihrer vielfachen Vorzüge nicht eingeführt, sondern mußte, soweit eine Vergasung überhaupt durchgeführt werden sollte, einem anderen Verfahren Platz machen: der Vergasung von Torfbreiklärschlamm [62]).

Das technische Verfahren wurde bereits in Kapitel 3 des näheren behandelt, wobei auch erwähnt wurde, daß wir es bei den Torfbreibriketts wie auch bei den erzeugten Gasen mit heizwertarmen Stoffen zu tun haben. Wenn man davon absieht, daß bei verschiedenen fehlgeschlagenen Versuchen, bei denen Unternehmer in der Zeit des großen Kohlenmangels Schlammbriketts mit Zusätzen von Torf und Sägespänen usw. herstellten, die infolge hohen Wassergehaltes keine Abnehmer fanden, so wäre eine Nutzung des Stickstoffgehaltes in Form von Ammoniak auf dem Wege der Vergasung noch als aussichtsreich ins Auge zu fassen. Die Gewinnung organischen Stickstoffes in Form von Ammoniak aus unvermischtem Klärschlamm mußte in der Weise vor sich gehen, daß ähnlich wie bei der reinen Torfvergasung ca. 70% des Gesamtstickstoffes als Ammoniak gewonnen werden. Dadurch ließe sich aus einer Tonne Klärschlamm — deren Trockensubstanz 2,85% Stickstoff enthält (ähnlich wie bayerischer Torf) — mit ca. 40% Wassergehalt neben dem bei der Vergasung erzeugten Generatorgas noch ca. 60 kg schwefelsaures Ammon mit einem Werte von ca. 16 Mk. herstellen.

Bei einer Großstadt mit ca. 300 000 Einwohnern und einer täglich anfallenden Klärschlammenge (40% Wassergehalt) von nur 100 t könnten täglich 6000 kg im Werte von 1600 Mk. erhalten werden.

---

[62]) Reichle und Dost a. a. O. (wie Anm. 21) S. 147 ff.

Versuche in Brünn, Leipzig und Kassel in dieser Richtung haben dargetan, daß der Vergasung des Klärschlammes eine Brikettierung desselben womöglich unter Verwendung seines eigenen abfallenden Teeres vorausgehen sollte. Das dann gewonnene Gas zeigt im Vergleiche zu gewöhnlichem Steinkohlengas einen höheren Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen und einen geringeren an Methan und Wasserstoff. Es besitzt im Hinblick auf seine chemische Zusammensetzung den Charakter eines Gases, wie es aus Torf und auch fetthaltigen Rückständen gewonnen wird. Wenn es durch entsprechende Reinigungsvorrichtungen von der vorhandenen Kohlensäure befreit wird, stellt es ein sehr hochwertiges Leucht- und Heizgas dar. Aber auch schon in mangelhaft gereinigtem Zustande kann es in besonderen Leuchtbrennern mit gutem Erfolg verwendet werden. Gereinigtes Schlammgas entspricht hinsichtlich seines Kaloriengehaltes (ca. 4500) mindestens dem gewöhnlichen Steinkohlengas, wie es von städtischen Gaswerken abgegeben wird. Unter Berücksichtigung aller Verluste bei der Erzeugung und Reinigung ergäbe sich eine Ausbeute von ca. 25 cbm hochwertigen Gases pro 100 kg Klärschlamm Trockenmasse [63]). Bei einer Stadt mit 300 000 Einwohnern — es handelt sich dabei immer nur um die an das Kanalisationsnetz angeschlossenen Einwohner — und einer täglichen durchschnittlichen Trockensubstanz von 60 g pro Kopf könnte eine Ausbeute von 4500 cbm erzielt werden.

Wird die Vergasung — wie es zweckmäßig geschieht — in Retorten vorgenommen, so verbleibt ein Koks als Rückstand, der eine zu brockenartigen Stücken zusammengebackene Masse von schwarzer Farbe darstellt und seinem Volumen nach mehr als die Hälfte des verarbeiteten Schlammes ausmacht. Dieser Koks besitzt noch einen Heizwert von 2200 bis 2400 Kalorien und läßt sich in den Ofenanlagen für Schlammtrocknung und Müllverbrennung sehr gut verwerten [64]). Dies ist besonders wichtig, weil insbesondere die Schlammtrocknung bei Kohlenfeuerung so viel an wertvollem Heizmaterial verschlingen würde, daß das ganze Verfahren zu einem unwirtschaftlichen werden könnte. Die Heizkraft dieses Kokses darf auch keineswegs überschätzt werden: bestenfalls kann die Hälfte des für die Trocknung von Klärschlamm erforderlichen Wärmeaufwandes gedeckt werden. Um nämlich 100 kg feuchten Schlamm mit einem durchschnittlichen Trockengehalt von 25% auf 85% Trockensubstanz zu bringen, müssen 60 kg Wasser mit einem Wärmeaufwand von 37 800 Kalorien verdampft werden. Aus 100 kg Schlamm mit 25% Trockengehalt gewinnt man ca. 14 kg Koks, der bei

---

[63]) Reichle und Dost a. a. O. (wie Anm. 62).
[64]) Hönig a. a. O. (wie Anm. 22) S. 15 ff.

einem Heizwert von 2200 Kalorien $14 \times 2200 = 30\,800$ Kalorien liefert; sind davon 60% nutzbar zu machen, so stehen für Trocknungszwecke rund 18 000 Kalorien, d. i. die Hälfte der erforderlichen Wärmemenge, zur Verfügung.

Zu beachten wäre ferner noch die Möglichkeit der Abhitzeverwertung bei den Retortenöfen, die mit 15% der erforderlichen Gesamtwärmemenge veranschlagt werden kann [65]).

Nach Berücksichtigung aller dieser Momente würde der aufzubringende Brennstoffbedarf wesentlich reduziert, und es kann zufolge von Versuchen die Beschaffung von ca. 2 kg Heizmaterial pro 100 kg feuchtem Schlamm (Koksstaub oder ein anderes gleichwertiges, billiges Brennmaterial) als genügend angesehen werden [66]).

Zusammenfassend kann hinsichtlich der wirtschaftlichen Bedeutung dieses Verfahrens gesagt werden:

Die Trocknung und Brikettierung von Klärschlamm zum Zwecke der Vergasung in Retortenöfen erfordert eine Beschaffung von nicht unbeträchtlichen Mengen Heizmaterial und Einrichtungen, deren Anschaffungskosten und Bedienung so umfangreich ist, daß die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens durchaus gefährdet erscheint [67]). Es wird daher diese Methode nur für die Städte in Frage kommen, die keine Gelegenheit zu einer anderweitigen Nutzung des Schlammproduktes haben, also solche Städte, die in dichtbevölkertem Industriegebiet womöglich mit Steinkohlenbergwerken in nächster Nähe eine landwirtschaftliche Ausnutzung nicht durchführen, jedoch billig von Kohlenwäschereien und dgl. Betrieben die für die Trocknung benötigten Brennstoffmengen beziehen können und dadurch in die Lage versetzt werden, den Vergasungsbetrieb rentabel zu gestalten.

Die auf diese Weise gewonnenen Produkte Leuchtgas, Ammoniak und Rückstandskoks dürfen dann wohl eine vollkommene Ausnützung des Klärschlammes darstellen.

7. Kapitel.

Die Fett- und Gasgewinnung als kommunale Einnahmequelle.

A. Fett.

Die Fettmengen, welche mit unseren Abwässern davonfließen, sind so beträchtlich, daß eine Gewinnung dieser Werte durchaus erstrebens-

[65]) Koschmieder a. a. O. Nr. 25.

[66]) Hönig a. a. O. Nr. 22 S. 15.

[67]) Die bei der praktischen Durchführung der Brikettierung in Brünn, Leipzig u. Frankfurt a. M. gemachten Erfahrungen waren keineswegs die besten.

wert erscheint. Mit jeder Schüssel, mit jedem Topf, der in der Küche gespült wird, mit jedem Händewaschen werden wertvolle Fette und Öle in den Abguß geschüttet und in den Kanal abgeführt, wo sie sich mit den oft noch weit fetthaltigeren Industrieabwässern vereinigen und zusammen mit den an unzerstörten Fetten reichen Fäkalien in den Flüssen zum Abfluß gelangen [68]).

Um überhaupt feststellen zu können, welche Werte dem Volke dabei verloren gehen, hat man genaue Messungen vorgenommen und ist auf Grund von Berechnungen zu der Feststellung gelangt, daß auf jeden Deutschen im Minimum 10 g Fett im Tag mit dem Abwasser weggehen. Dies macht bei etwa 30 Millionen in Städten wohnenden Einwohnern einen täglichen Betrag von $30\,000\,000 \times 10 = 300\,000$ kg Fett aus. Nehmen wir den durchschnittlichen Weltmarktpreis von Rohfett mit 30 Mk. pro 100 kg an, so ergibt sich ein Verlust von 90 000 Mk. im Tag und von 32 000 000 Mk. pro Jahr. Zieht man ferner in Betracht, daß Deutschland Rohfette und Öle in großen Mengen einführt, so läge es durchaus nahe, diese Abwasserfette in weitestgehendem Maße zu gewinnen.

Fördernd auf die erhöhte Abwasserfettgewinnung hat der Weltkrieg eingewirkt, als in Deutschland jegliche Einfuhr unterbunden war und der Mangel an Fetten sich allenthalben empfindsam bemerkbar machte.

Die wenigen praktischen Versuche zur Fettgewinnung, die im großen durchgeführt werden, führten jedoch zu wirtschaftlichen Mißerfolgen, berechtigen also keinesfalls zu der Annahme, die Fettgewinnung aus Klärschlamm und Abwasser ließe sich mit Erfolg durchführen.

Der Einwurf aber, der zumeist von Laien gemacht wird, daß, falls es möglich sei, eine Fettgewinnung rationell durchzuführen, jedenfalls ein Produkt erzeugt werde, das Abscheu und Ekel erregen müßte und zu hygienischen und ästhetischen Bedenken im höchsten Grade Anlaß gebe, ist völlig unberechtigt. Diese Behauptungen kursieren ohne Kenntnis der Dinge. Die Fette, die aus Abwasserschlamm gewonnen werden, dienen in erster Linie technischen Zwecken und haben bis zu ihrer Verwendbarkeit Prozesse durchgemacht, die jegliche Bedenken illusorisch machen. Wer empfindet Abscheu vor dem Büroleim, der auf unserm Tische steht und aus den Knochen der Tierkadaver, die dem Schinder überantwortet wurden, entstanden ist? Die Zweifler würden nicht imstande sein, wenn ihnen Kerzen aus verschiedenem Rohmaterial vorgezeigt würden, zu sagen, welche davon aus Abwasserstearin hergestellt wurde.

---

[68]) Prof. Dr. Bechhold, Fett aus Klärschlamm und die Beseitigung der Rückstände, Chemiker-Zeitung 1915 Nr. 45 S. 283 ff.

Bei einer Einfuhrziffer von 88 Millionen Mark im Jahre 1924 für pflanzliche Fette und einem kaum nennenswerten Export[69]) sind wir schlechterdings nicht in der Lage, für rund 32 Millionen Mark Rohfette mit den Abwässern in die Flüsse zu leiten oder mit dem Schlamm auf Land zu verbringen. Es ist richtig, daß, auch wenn ein Weg zur rationellen Fettgewinnung gefunden würde, noch lange nicht alle Städte in der Lage wären, auch wirklich die Bergung ihrer in die Straßenkanäle entlassenen Abwasserfette vorzunehmen, aber es ist doch immerhin schon heute eine gewisse Zahl deutscher Städte mit etwa 4—5 Millionen Einwohnern in der Lage, jährlich 10—15 Millionen kg Abwasserfett mit einem Wert von rund 4—5 Millionen Mark zu gewinnen. Von Interesse dürfte hier die Fettgewinnung der Stadt Nürnberg sein, welche während des Krieges eine Verwertung des Fettes aus den dortigen Emscherbrunnenanlagen vornahm. Mit überaus einfachen Einrichtungen hat das Tiefbauamt dieser Stadt es erreicht, daß z. B. aus dem für ververkauftes Fett und verkauften Schlamm eingegangenen Erlös sämtliche laufenden Betriebskosten der Anlage gedeckt und darüber hinaus noch ein Überschuß von 6000 Mk. resultierte.

Das so gewonnene Fett war keineswegs rein und wurde auch keiner Reinigung unterworfen. Infolgedessen konnte es nur zu untergeordneten Zwecken verkauft werden (als Wagenschmiere), und es war bei dieser Art der Verwendung zu Bedenken in hygienischer Hinsicht kein Anlaß gegeben.

Gerade die in Nürnberg gemachten Erfahrungen legen die Vermutung nahe, daß die Ansprüche an das Abwasserfett nicht zu hoch gestellt werden sollten, und daß man das mit den einfachsten Mitteln, also auf billige Weise gewonnene Rohfett als Schmieröl und Fett verbraucht oder an besondere Fettverwertungsfabriken abgibt, die auf privatwirtschaftlicher Basis, also unabhängig von der kommunalen Kläranlage, eine Verarbeitung und Veredlung vornehmen.

Besonderes Verdienst hinsichtlich der Feststellung und Fettverwertung bei bereits bestehenden Anlagen hat sich Herr Heinrich Scheven, Düsseldorf, erworben, der durch eine Umfrage an zahlreiche Städte und Gemeinden in den Jahren 1918 und 1919 zu ermitteln suchte, inwieweit das Abwasserfett zur Deckung der Unkosten bei dem Betriebe der Kläranlage herangezogen werden kann und welche Mittel und Wege zur Verfügung stehen, eine wirtschaftliche Verwertung der Abbauerzeugnisse durchzuführen.

In nachstehender Zusammenstellung hat Scheven die Städte und Gemeinden in 5 Gruppen je nach Einwohnerzahl eingeteilt:

---

[69]) Statist. Jahrbuch des Deutschen Reiches 1924/25.

Für die Berechnung der Mittel und Einheitswerte wurde nur die Einwohnerzahl derjenigen Städte berücksichtigt, für welche die betreffenden Anlagen vorliegen.

Anzahl der Städte	Einteilung der Städte nach der Einwohnerzahl	Einwohnerzahl des Einzugsgeb. am 1. XII. 1910	Trockenschlamm			Fett jährlich in kg		Jährl. Betriebsausgaben	Jährliche Betriebseinnahmen			Jährlich auf den Einheitspreis			
			Ges.-Menge jährl. in m³	Liter auf den Kopf		Ges.-Menge	auf den Kopf		für Schlamm	für Fett	insgesamt	Kopf		Mark für	
				jährl.	tägl.			Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Ausgaben Pf.	Einnahmen Pf.	1 m³ Schlamm	1 kg Fett
4	über 100000	593 000	26 254	44,3	0,12	116 500	0,387	184 480	15 137	57 675	72 812	31,1	12,3	1,70	0,495
10	v. 20—100000	523 400	14 250	35,2	0,10	17 000	0,250	102 970	9 535	2 880	12 415	22,7	3,3	1,57	0,170
11	v. 10— 20000	167 200	1 805	21,8	0,06	—	—	34 586	5 608	—	5 608	23,4	8,0	2,16	—
19	v. 5— 10000	137 500	4 195	42,1	0,12	—	—	39 149	8 463	—	8 463	28,5	8,9	1,62	—
10	unter 5000	34 800	497	21,8	0,06	—	—	31 513	767	—	767	80,6	4,0	2,28	—
54	S. bezw. Mittel	1 455 900	47 001	39,1	0,107	135 000	0,363	392 698	39 510	60 555	100065	28,7	8,7	1,82	0,486

Die Mittelwerte bei den einzelnen Gruppen sind nicht sehr unterschiedlich, wenn man von den 10 Städten der 5. Gruppe mit weniger als 5000 Einwohnern absieht. Die mittlere Jahresausgabe in den 4 Großstädten mit einem Betrage von 39,1 Pfg. pro Kopf ist größer als in den folgenden 3 Gruppen. Der Grund liegt wohl darin, daß zur Erzielung größerer Einnahmen durch Fett- und Schlammgewinnung auch größere Ausgaben erforderlich sind. Die Nettoausgabe in der 1. Gruppe mit 18,8 Pfg. bleibt immerhin hinter der 2. Gruppe mit 19,4 Pfg. noch etwas zurück. Von der 2. zur 4. Gruppe tritt eine kleine Steigerung der Ausgaben auf den Kopf von 22,7 auf 23,4 bzw. 28,5 Pfg. in Erscheinung. Daß in der 5. Gruppe die Ausgaben auf den Kopf berechnet von 28,5 (4. Gruppe) auf 90,6 Pfg. ansteigen, ist dadurch zu erklären, daß gewisse Unkosten bei einer Anlage für 3000 Einwohner in der gleichen Höhe anfallen wie bei einer Anlage für 10 000 Einwohner. So kostet z. B. der Wärter für die Kläranlage für beide Anlagen den gleichen Betrag.

Als Mittel der Betriebskosten ergibt sich ein Betrag von 28,7 Pfg., während sich als Mittel der Einnahmen 8,7 Pfg. errechnet, so daß also Nettoausgaben 20 Pfg. verbleiben, d. h. also im Durchschnitt werden bereits rund $^1/_3$ der Gesamtausgaben allein durch die Verwertung des Fettes und Schlammes gedeckt.

Die im 3. Kapitel (Fettgewinnung aus Klärschlamm) erwähnten fehlgeschlagenen Versuche im großen gaben zahlreichen Abwasserspezialisten Veranlassung, die Zweckmäßigkeit der Fettgewinnung gänzlich in Abrede zu stellen. Es darf nun freilich nicht verschwiegen werden, daß eine kostspielige Einrichtung für die Gewinnung der Abwasserfette unter den derzeitigen Verhältnissen nirgends in Frage kommt: Aufwand und Erfolg würden in einem zu krassen Mißverhältnis stehen. Aber die Notwendigkeit der Beseitigung des Abwasserfettes zum Zwecke der besseren Verarbeitungsmöglichkeit des Klärschlammes legt es nahe, mit primitiven Hilfsmitteln (z. B. Abstreichbalken) eine Abschöpfung des Fettes vorzunehmen und das so gewonnene Fett zu untergeordneten Zwecken zu verwenden. Die eingangs dieses Kapitels genannten Zahlen werden bei dieser Methode allerdings nicht erreicht. Dafür bleibt jedoch die Gewinnung auf die zuletzt genannte Weise — einfache Fettabschöpfung — im Rahmen eines durchaus wirtschaftlichen Prozesses und kann selbst durch die heftigsten Gegner nicht verdrängt werden. Ob mit der Weiterentwicklung des Abwasserreinigungswesens nicht wieder intensivere Fettgewinnungsbestrebungen auftreten, sei dahingestellt. Vorläufig ist die Investierung größerer Kapitalien für Gewinnungs- und Verarbeitungsapparate als un-

rentabel erkannt worden und nur das oberflächlich, mit einfachen Methoden erfaßte Abwasserfett ist in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen.

Wo sehr fettreiche, industrielle Wässer aus Schlachthöfen, Wollwäschereien u. a. vorliegen, befaßt man sich meistens mit der Wiedergewinnung des Fettes. So sind vor allem die englischen Rückgewinnungsmaßnahmen zu beachten, die aber vor allem schon aus dem Grunde vorgenommen werden, weil man den Schlamm ohne vorherige Entfettung gar nicht unterzubringen vermag, bei denen also das Streben nach Verwertung der Fettstoffe eine sekundäre Erscheinung darstellt.

B. Die Schlammgasgewinnung.

Durch die Gewinnung von Sumpfgas aus Klärschlamm können wesentliche Einnahmen erzielt werden. Da aber für die Gasgewinnung Umbauten bereits bestehender Anlagen notwendig werden, die je nach Art des Systems mehr oder minder große Unkosten verursachen, ist die derzeitige nutzbringende Verwertung des Schlammgases wegen der schlechten wirtschaftlichen Lage erschwert. Die Möglichkeit einer Gasgewinnung ist jedoch beinahe überall da gegeben, wo eine Sedimentierung der Abwässer und eine Ansammlung und Ausfaulung von Schlamm in geschlossenen Räumen vorgenommen wird. Die Wirtschaftlichkeit ist abhängig von der Art der Verwendung. Im großen und ganzen kann man zwei Fälle unterscheiden: Das Gas wird direkt der städtischen Gasleitung zugeführt, was nach den bisherigen Erfahrungen bis zu einer Entfernung von 300 m gut möglich ist, oder gelangt gereinigt, in Flaschen abgefüllt, als Reinmethan in den Handel.

Um ein Bild von der Rentabilität der Gasverwertung zu erhalten, sei nachfolgend ein Beispiel aufgeführt, welchem Zahlen aus der Praxis zugrunde liegen[70]).

Fall I: Es handle sich um eine Stadt mit 200 000 angeschlossenen Einwohnern, deren Abwasser in Emscherbrunnen einer Reinigung unterzogen wird, wobei mit einem Gasanfall von 600 000 cbm (pro Kopf und Jahr 3 cbm) gerechnet werden kann.

Die Errichtung einer Anlage kostet	750 000 Mk.
Die mit dem Betrieb verbundenen Unkosten für Unterhaltung und Überwachung betragen	28 000 „
Zins und Tilgung	46 200 „
Gesamte jährliche Unkosten	74 200 Mk.

[70]) Blunk und Sierp a. a. O. wie Anm. 38.

Der Umbau zu Zwecken der Gasgewinnung erfolgte erst später und verursachte Unkosten in Höhe von . . .	4 200 Mk.
Erhöhung der jährlichen Unkosten für Betrieb und Unterhaltung	2 100 „
Erhöhung von Zins und Tilgung	420 „
Mehrkosten infolge Gasgewinnung	2 520 Mk.

Wird nun der Wert des Mischgases, wie es von der Kläranlage zur städtischen Gasleitung gelangt, mit 2,8 Pfg. je cbm angesetzt, so wird aus der Gesamtmenge von 600 000 cbm ein Erlös von 16 800 Mk. erzielt, so daß ein jährlicher Überschuß von 16 800 Mk. — 2520 = 14 280 Mk. vorhanden ist.

In vielen Fällen sind Kläranlagen und städtisches Gasnetz räumlich zu weit voneinander entfernt, wodurch eine Einleitung des Mischgases praktisch nicht in Frage kommt. In diesem Falle wird das Gas gereinigt und in Flaschen abgefüllt.

Fall II: Die Kosten für die Einrichtung der Gasreinigungsanlage belaufen sich bei einer Anlage, die für 200 000 Einwohner berechnet ist, auf 70 000 Mk.

Die gesamten Unkosten bei reiner Methangewinnung setzen sich zusammen aus:

1. Unterhaltung und Betrieb der Kläranlage	28 000 Mk.
2. Unterhaltung und Betrieb der Gasaufbereitungsanlage	49 000 „
3. Verzinsung und Tilgung der Kläranlage	46 200 „
4. Verzinsung und Tilgung der Gasaufbereitungsanlage	7 000 „
	130 000 Mk.

Aus dem Mischgas können rund 75% Reinmethan gewonnen werden. Bei 600 000 cbm × 0,75 = 450 000 cbm.

Nimmt man den Preis von Reinmethan mit 38 Pfg. für 1 cbm an, so ergibt sich ein Erlös von rund 170 000 Mk. Diesem steht eine Gesamtausgabe von 130 000 Mk. gegenüber, so daß ein Reingewinn von 40 000 Mk. resultiert.

Alle Preisangaben beziehen sich auf den Stand der Reichsmark vor dem Kriege. Heute sind zwar einerseits größere Beträge für Erbauung der Anlage und Unterhaltung nötig, andererseits erhöht sich aber auch der Erlös aus Schlammgas, der mit $^2/_3$ der Selbstkosten von städtischem Leuchtgas anzusetzen wäre.

Die Frage, ob eine Klärschlammgasgewinnung nutzbringend durchgeführt werden kann, ist durchaus zu bejahen, wenn man als Wert-

messer für Ausgaben und Einnahmen den Preis für eine Tonne Kohle setzt. Dieser betrug vor dem Kriege rund 14 Mk., und es bedeutet der jährliche Überschuß von 14 280 Mk. im Falle I rund 1000 t Kohle, welche bei dem heutigen Preise von etwa 25 Mk. pro Tonne Kohle einem Betrage von 25 000 Mk. entsprechen. Im Falle II gestaltet sich das Ergebnis gleichfalls sehr günstig insofern, als dem erhöhten Aufwand für Neueinrichtung auch eine wesentlich größere Gesamteinnahme gegenübersteht. Den im Falle II aufzuwendenden Beträgen für Einrichtung und Betrieb im Werte von 9300 t Kohle stehen Gesamteinnahmen im Werte von 12 000 t gegenüber.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Wenn bei normalen Verhältnissen eine Stadt mit 200 000 Einwohnern, die eine Reinigung ihrer Abwässer auf mechanischem Wege vornimmt und den Schlamm ausfaulen läßt, in der Lage ist, bei Aufwendung geringer Kosten für Umbauten durch das aus der Kläranlage gewonnene Gas ca. 1000 t Kohle und bei höherer Aufwendung für Umbau und Betriebsunterhaltung ca. 10—12 000 t Kohle zu ersparen, so sollten allmählich alle Städte, die dazu in der Lage sind, daran gehen, ihre Kläranlagen mit Gasfängern zu versehen.

Von allen Schlammverwertungsmaßnahmen verdient die Gasgewinnung jedenfalls allerhöchste Beachtung, weil sie nachgewiesenermaßen mit geringen Mitteln durchzuführen ist und ein hochwertiges Erzeugnis, das Methan, liefert. Der dafür bezahlte Preis ($^2/_3$ des Leuchtgaspreises) ist heute noch so niedrig, weil die Bedeutung des Schlammgases noch nicht genügend erkannt und gewürdigt ist. Tatsächlich handelt es sich doch bei der Einleitung von Klärgas um eine Verbesserung des städtischen Leuchtgases, weil es hochwertiger als letzteres ist.

Nicht bei allen Anlagen ist vielleicht das Ergebnis ein gleich günstiges wie bei obig angeführtem Fall. Besonders bei kleineren Anlagen geht der Grad der Wirtschaftlichkeit etwas zurück. Nichtsdestoweniger läßt sich feststellen, daß in den meisten Fällen die Schlammgase aufgefangen und verwertet werden können, wodurch verhindert wird, daß sie nutzlos in die Luft entweichen.

Die Vorbedingungen für eine wirtschaftliche und systematische Nutzung der Abwassergase sind mit dem Vorhandensein einer Emscherbrunnenanlage gegeben. Überhaupt eignen sich zweistöckige Anlagen gut für das Auffangen der Zersetzungsgase. So ist es eine ganze Reihe von Städten, die bereits eine Gasgewinnung durchgeführt haben: Erfurt, Stuttgart, Essen, Essen-Relinghausen, Hagen i. W., Kettwig, München. Vom Ausland seien nur einige wichtige genannt: Zürich, Birmingham, Bristol, Paramatta (Australien), Atlanto (Ga) u. a. m.

Die Schlammgasgewinnung befindet sich noch im Anfangsstadium. Der wirtschaftlich erzielbare Nutzen wird immer eine Funktion der Lage der Kläranlage, Einleitungsmöglichkeit in das städtische Gasnetz und des Kohlenpreises sein. Große Erfolge verspricht man sich von der Umwandlung in Dampf und elektrische Kraft, die an Ort und Stelle erfolgt, welche Art der intensiveren Nutzung der Faulgase ihren Ausgang von England nimmt. In Amerika befaßt sich die chemische Großindustrie mit der Veredelung und Umformung des Methans, und es steht zu erwarten, daß auch auf diesem Gebiete beachtenswerte Resultate von wirtschaftlicher Bedeutung gezeitigt werden.

8. Kapitel.

Transportfragen.

Bei sehr großen Anlagen, wie z. B. der Münchener Kläranlage, deren Schlamm zur Kultivierung von großen Ödländereien benutzt werden soll, läge es nahe, den Transport auf einer eigens zu diesem Zwecke errichteten Kleinbahn zu bewerkstelligen. Im allgemeinen hängt die Zweckmäßigkeit einer solchen Bahn von der Größe des zu kultivierenden Landes ab. Handelt es sich z. B. um Gebiete wie die Fröttmaninger und Garchinger Heide, so kann die Errichtung einer Transportbahn wohl vorteilhaft erscheinen. Der normale Fall wird jedoch der sein, daß Trockenschlamm oder Mengedünger in bestimmten Quantitäten nach dieser oder jener Gegend verfrachtet werden soll, wohin er ein- oder zweimal im Jahr, möglicherweise auch in längeren Zeiträumen als ein Jahr, abgerufen wird, so daß eine ziemliche Unregelmäßigkeit im Absatz zu verzeichnen ist, die eine besondere Transportbahn illusorisch werden läßt.

In diesen Fällen müßte Klärschlamm oder Mengedünger mit der Eisenbahn oder mit dem Lastkraftwagen an die Verwendungsstelle verbracht werden. Hinsichtlich Fracht- und Transportkosten ist der Klärschlamm und auch der Mengedünger jedoch ein ziemlich empfindliches Produkt, d. h. es bedarf vorher einer genauen Untersuchung, welche Unkosten für die Verbringung auf Land entstehen dürfen, ohne daß dabei die Konkurrenzfähigkeit mit Kunstdünger eingebüßt wird. Die Gegner der landwirtschaftlichen Schlammverwertung oder der Schlammverwertung schlechthin behaupten, daß es sich überhaupt nie lohnen wird, den Schlamm zu verfrachten, ganz gleichgültig, ob es mit Transportbahn, Lastkraftwagen oder Eisenbahn geschehe. Daß dies nicht zutrifft, wurde schon bei der Besprechung der landwirtschaftlichen Verwertung dargelegt. Freilich dürfen die Entfernungen, auf welche der

Klärschlamm verfrachtet wird, eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Als Kriterium wurde bereits früher ein Umkreis von 30 km genannt. Es handelt sich bei dieser Zahl um empirische Feststellungen. Das ist eine sehr vorsichtige Begrenzung, und es wird ein Transport auf größere Entfernungen durchaus in Frage kommen, wenn sich der Klärschlamm als Düngemittel bewährt.

Von Interesse erscheint hier wohl die Frage, wie es sich mit der Wettbewerbsfähigkeit zwischen Eisenbahnen und Lastkraftwagen verhält; denn von der Entscheidung dieser Frage ist die jeweilige Wahl der Transportmittel abhängig. Es ist nicht ganz einfach, einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit der beiden Verkehrsmittel — Eisenbahn und Kraftwagen — anzustellen, da es möglich sein wird, daß von den Interessenten des einen oder anderen der beiden Transportmittel stets Zahlen beigebracht werden können, die den Beweis für eine zu ungünstige Beurteilung erbringen sollen[71]). Es wird darum notwendig sein, zu ermitteln, wie hoch die Einheit einer Transportleistung im Durchschnitt zu stehen kommt, wenn der Transport mittels Lastkraftwagen oder Eisenbahn erfolgt.

Nachdem bei der Eisenbahn für Transportleistungen Tarife festgelegt sind, ist es nicht schwer, die Kosten für Eisenbahntransporte anzugeben. Schwierig allein ist die Frage zu entscheiden, in welche Tarifklasse der Klärschlamm eingereiht werden soll.

Von den großen Verbänden des Emscher- und Ruhrgebietes sind in neuerer Zeit Bestrebungen im Gange, die auf eine landwirtschaftliche Verwertung des im dichtbesiedelten Industriegebiets massenhaft anfallenden Klärschlammes abzielen. Als dringendes Erfordernis wurde die Festsetzung eines tragbaren Eisenbahntarifes erkannt, da gerade im Industriegebiet eine Verfrachtung auf größere Entfernungen in Frage kommt[72]).

Bei der Einreihung des Klärschlammes und des daraus gewonnenen Düngemittels in den Gütertarif müßte damit gerechnet werden können, daß Klärschlamm ähnlich wie künstliche Mischdünger behandelt wird, also etwa der Klasse F zugeteilt wird und allenfalls darüber hinaus einen Ausnahmetarif erhält, der einer ca. 30%-Ermäßigung vom Normaltarif gleichkommt[73]).

---

[71]) Halter, Wettbewerbsfähigkeit der Eisenbahnen mit den Lastkraftwagen, Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt Nr. 24 vom 25. 12. 1925 S. 149 ff.

[72]) Beninde, Die Abwasserreinigung im Emschergebiet vom Standpunkte der Abwasserwissenschaft und der öffentlichen Gesundheitspflege, 25 Jahre Emscher-Genossenschaft S. 240.

[73]) „Torfwirtschaft" Heft 22 vom 25. 11. 1925: Ein neuer Ausnahmetarif für Brenntorf mit Frachtsatzzeiger.

Wenn man in Betracht zieht, daß mit einer solchen Tarifierung die untere Grenze der normalerweise bei einem Eisenbahntransport anfallenden Kosten berührt wird, möchte man versucht sein zu glauben, daß sich schwerlich eine billigere Transportart als die Eisenbahn finden lassen wird. Dem steht jedoch gegenüber, daß die Eisenbahn wohl prinzipiell nicht unter ihren Selbstkosten transportieren wird, wenngleich eine Feststellung der Selbstkosten bei Berücksichtigung aller in Frage kommenden Faktoren, wie Ausgaben für Bahnhöfe, Gleise, Betriebsmittel, Betriebsstoff und für das Personal, außerordentlich schwierig, wenn nicht gerade unmöglich erscheint. Daß aber außerdem ein Zuschlag in den Frachtsätzen enthalten sein muß, beweist der Umstand, daß die Reichsbahn gewisse Summen jährlich nach dem Dawes-Plan an den Feindbund abliefern und vom Güterverkehr eine 7%ige Verkehrssteuer an das Reich zu entrichten hat. — Strenggenommen, müßten demnach die t/km-Sätze — 1 t/km nennt man die Leistung, wenn 1000 kg eines Gutes 1 km weit befördert werden — etwas ermäßigt werden, wenn man die wirklich anfallenden Kosten angeben wollte. Die verhältnismäßig niedrigen t/km-Sätze lassen sich jedoch nur infolge eines rasch abgewickelten Riesenverkehrs in dieser Höhe halten, der z. B. im Jahre 1913 680 Mill. t betrug [74]). Die Jahresleistung betrug 480 t/km.

Als besondere Erscheinung bei den Eisenbahntarifen für Güterverkehr verdient hervorgehoben zu werden, daß die Frachtsätze für den t/km mit wachsender Transportlänge fallen. In nachstehendem Schaubild ist diese Abnahme der Transportkosten graphisch dargestellt.

In neuester Zeit werden als Nachteile des Eisenbahntransportes genannt: Die große Zeitdauer und die Verteuerung der Transporte durch Umladen der Güter von den antransportierenden Fahrzeugen in die Eisenbahnwagen und umgekehrt. Diese nicht zu bestreitende Tatsache ist bei dem Schaubild nach S. 60 in der Weise berücksichtigt, daß die Kosten des zweimaligen Umladens den Frachtsätzen hinzugezählt und als Kosten für einmaliges Umladen einer Tonne 1,20 Mk. in Rechnung gestellt wurden. Bei Einrichtung von Industriegleisanschlüssen, wie sie wohl für jede größere Kläranlage in Frage kommen, kämen diese Zuschlagsätze für Umladen zwar nicht in Frage, doch müßten hier wieder Amortisationssätze für den Bau und Betriebskosten für den Unterhalt der Anschlußgleise ermittelt werden, so daß immerhin mit einem Zuschlag gerechnet werden müßte, der durch obige 1,20 Mk. Berücksichtigung gefunden haben soll.

---

[74]) Prof. Halter, Wettbewerbsfähigkeit, a. a. O. wie Anm. 72.

Wenden wir uns nun dem Lastkraftwagen zu, so läßt sich zunächst feststellen, daß er mancherlei Vorzüge vor der Eisenbahn besitzt, was am besten durch seine zunehmende Verwendung bestätigt wird. Freilich kann nicht in allen Fällen eine systematische Gegenüberstellung von Lastkraftwagen und Eisenbahn erfolgen, weil nicht immer beide Transportmittel füreinander eintreten können. So ist der Lastkraftwagen vor allem für das Stadtgebiet und eisenbahnarme Gegenden bestimmt, kommt also insbesondere dann in Frage, wenn es sich um Zuführung von Gütern — also im vorliegenden Falle um den Transport von Düngeschlamm — nach unkultivierten Gebieten oder rein ländlichen Gegenden handelt, an denen eine Eisenbahnlinie nicht vorüberführt. Der Lastkraftwagen besitzt der Eisenbahn gegenüber vor allem den Vorteil, daß Transporte rasch abgewickelt und daß die Güter fast immer vom Gewinnungsort direkt zum Verbrauchsort befördert werden können. Wenn man von der zweckmäßigen und bequemen Beförderungsweise des Kraftwagens spricht, hat man in erster Linie diesen Vorteil im Auge. Das lästige und kostspielige Umladen, die Beistellung weiterer Transportmittel kommen in Wegfall, wodurch gleichzeitig eine Einsparung an Arbeitskräften und Aufsichtsorganen erzielt wird. Auch die Raschheit des Transportverkehrs spielt eine wichtige Rolle. Zeit ist Geld, und es ist nur schwierig, den jeweiligen Zeitgewinn zu Vergleichszwecken in Zahlen, d. h. in Geldwert anzugeben. An Stelle der präzisen Rechnung muß häufig die Schätzung treten.

Zur Ermittlung der Transportkosten beim Lastkraftwagen können Tarifsätze wie bei der Eisenbahn nicht zugrunde gelegt werden. Von den Kraftverkehrsunternehmungen werden zwar Preistabellen herausgegeben, doch geben dieselben kein richtiges Bild von den wirklich anfallenden Kosten. Solche Unternehmungen, die auf privatwirtschaftlicher Basis aufgebaut sind, müssen ihre Tarife so wählen, daß sie auch über Zeiten schlechteren Geschäftsganges hinwegkommen und die nötigen Mittel zur Unterhaltung ihres Betriebes aus Rücklagen decken können [75]).

Abgesehen davon sind diese von den verschiedenen Unternehmungen aufgestellten Sätze zu verschieden, so daß sie für eine Ermittlung der reinen Transportkosten ohne weiteres ausscheiden. Vielmehr sollen jene Kosten betrachtet werden, die dem Eigentümer eines Lastkraftwagens erwachsen, und diese Kosten sollen den Leistungen des Wagens gegenübergestellt werden. Daraus ergeben sich dann die Beförderungskosten für die Einheit.

Großes Verdienst für die Ermittlung brauchbarer Werte zur Berechnung der Transportkosten bei Lastkraftwagen erwarb sich Herr

---

[75]) Halter a. a. O. S. 151.

Prof. Halter, München[76]), der aus den verschiedensten Angaben und Erfahrungen Durchschnittswerte herausschälte und seiner Untersuchung zugrunde legte. Prof. Halter unterscheidet bei seiner Berechnung den sogenannten festen und den beweglichen Unkostenteil. Die festen Unkosten setzen sich zusammen aus: Verzinsung des Anschaffungskapitals, Abschreibung des Wagens, Löhne für den Fahrer, Garagemiete oder Abschreibung der Garagenbauten, Versicherung, allgemeine Unkosten und Kraftwagensteuer. Zu den beweglichen Unkosten gehören: Verbrauch an Betriebsstoff, Öl, Fett, Bereifung und Ausgaben für Reparaturen. Während die ersteren ziemlich unabhängig von der jährlichen Leistung des Wagens sind, können die Kosten des beweglichen Anteils proportional der Kilometerzahl veranschlagt werden. In Abbildung nach S. 60 ist in übersichtlicher Weise die Selbstkostenverteilung bei Lastkraftwagen (5 t-Wagen) dargestellt.

Während diese Kostenermittlung keine Schwierigkeiten mit sich bringt und die Angaben der verschiedenen Interessentengruppen (Fuhrunternehmungen, Kraftwagenfabrikanten) wenig voneinander abweichen, ist die Zahl der jährlich gefahrenen Kilometer und die Auslastung des Wagens während seiner Fahrten stark umstritten.

Um jedoch zum Ziele zu kommen, sind unter Berücksichtigung der verschiedensten Umstände, wie Fahrtgeschwindigkeit, Be- und Entladezeit, Transportweite, tägliche Arbeitszeit und unter Beachtung von Erfahrungswerten nachstehende Durchschnittsjahresleistung angenommen:

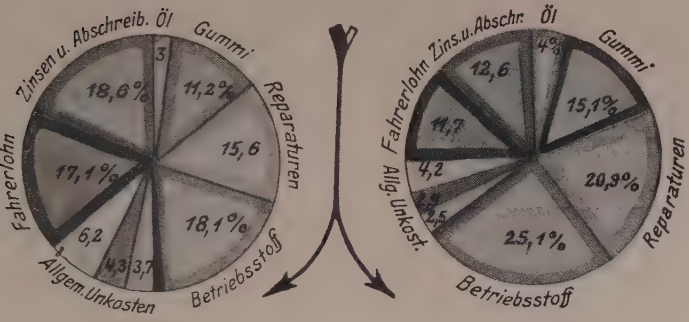
für den 5 t-Wagen mit Vollgummireifen	20 000 km
für den 10 t-Lastzug mit Vollgummireifen	14 000 km
für den 3 t-Wagen mit Riesenluftreifen	30 000 km
für den 6 t-Lastzug mit Riesenluftreifen	25 000 km.

Die Beziehung zwischen der Zahl der jährlich gefahrenen Kilometer und den Tonnenkilometer-Selbstkosten wird aus nachstehender graphischer Darstellung ersichtlich.

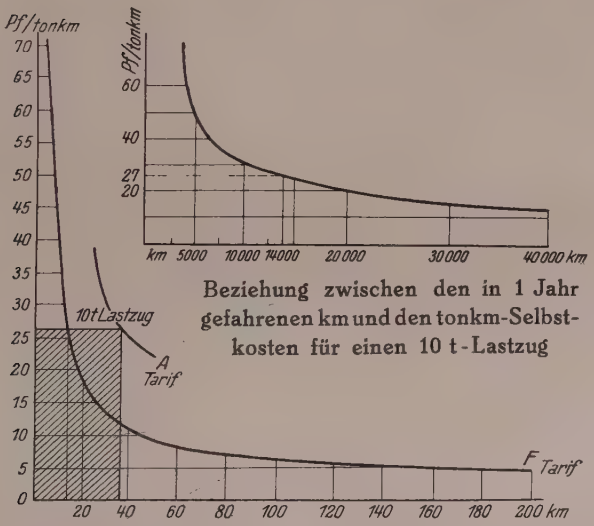
Nimmt man für den Transport von Klärschlammdünger den 10 t-Lastkraftwagenzug und eine Durchschnittsjahresleistung von 14 000 km an, so resultiert ein Durchschnittspreis von 27 Pfg. für 1 t/km; trägt man diesen Preis in die Abbildung nach S. 60 der Tonnenkilometer-Preise der Eisenbahn ein, so erkennt man, daß sich eine Überlegenheit der Eisenbahn bei Transporten nach Klasse F bei Entfernungen von über 12 km herausstellt. Zu dieser Gegenüberstellung wären ergänzend noch einige Punkte anzuführen, die teils zugunsten des Lastkraftwagen-

[76]) Halter a. a. O. S. 151.

Selbstkostenverteilung für 5 t-Lastwagen
Jahresleistung



15 000 km 30 000 km



Beziehung zwischen den in 1 Jahr gefahrenen km und den tonkm-Selbstkosten für einen 10 t-Lastzug

Gesamtbeförderungskosten bei Tarifklasse F im Vergleich zu dem 10 t-Lastzug mit einer Jahresleistung von 14 000 km

verkehrs, teils zugunsten des Eisenbahnverkehrs sprechen. So wird zunächst einmal anzunehmen sein, daß die 7%ige Verkehrssteuer, die die Eisenbahn entrichten muß, in absehbarer Zeit in gleicher Höhe auch auf die Kraftwagen übertragen wird.

Weiter ist zu bemerken, daß in den Transportkosten der Lastkraftwagen kein Betrag für den Bau und die Unterhaltung der im Interesse eines geordneten und flotten Verkehrs so dringend notwendigen Straßen angesetzt ist, während alle diesbezüglichen Kosten bei der Eisenbahn berücksichtigt sind. Soll also der Vergleich nicht hinken, so wären die Wegebau- und Unterhaltungskosten auf die Straßenfahrzeuge im allgemeinen und damit auch auf die Lastkraftwagen abzuwälzen.

Diese Kosten sind nicht unbeträchtlich, und zum Teil (50%) wurde die bisher erhobene Kraftwagensteuer auch zu Zwecken des Straßenbaues verwendet [77]). Die starke Beanspruchung der Wege durch den ständig steigenden Verkehr macht jedoch erhöhte Abgaben notwendig, um eine Aufrechterhaltung des geordneten Wegebaues zu gewährleisten. Zur Deckung der Kosten für eine außerordentliche Wegeabnutzung soll außerdem den Ländern das Recht der Beitragserhebung eingeräumt werden. Die Besteuerung des Brennstoffes wird ferner als gerechte Besteuerung empfunden, weil der Brennstoffverbrauch um so größer ist, je größer das Gewicht der Fahrzeuge, die Fahrtgeschwindigkeit und die kilometrische Jahresleistung sind, je stärker also das Fahrzeug die Wege benutzt.

Diese neuen Steuern für Kraftfahrzeuge können schon eine Änderung der Wettbewerbsfähigkeit zugunsten der Eisenbahn herbeiführen. Doch wird zu bedenken sein, daß neue, gute Straßen auch beträchtliche Vorteile mit sich bringen, daß die Automobiltechnik in viel rascherer Entwicklung begriffen ist als die Eisenbahntechnik und daß Neuerungen und Leistungssteigerungen im Kraftfahrzeugwesen bei gleichzeitiger Verbilligung mit ziemlicher Sicherheit zu erwarten sind.

Abgesehen von diesen möglicherweise in der Zukunft eintretenden Verschiebungen in den Transportkosten wäre andererseits noch als gegebener Vorteil des Lastkraftwagens der Umstand anzuführen, daß der kombinierte Transport, speziell bei der Entladung des Dunggutes aus Eisenbahnwagen in Verteilungsfahrzeuge, beim Eisenbahntransport verteuernd in Erscheinung tritt und in den meisten Fällen beim Lastkraftwagen kürzere Wege beschrieben werden, um das Gut vom Gewinnungs- zum Verwendungsort zu verbringen.

---

[77]) Gemäß § 45 des Finanzausgleichgesetzes in der Fassung der dritten Steuernotverordnung.

Schließlich und endlich wäre zu erwähnen, daß für den Transport von Schlammdünger nach Gegenden, die größere Mengen dieses Düngemittels benötigen, eine besondere Art von Lastkraftwagen mit einer Reihe kleinerer, beweglicher Anhänger (etwa 4—5), die mit Luftbereifung und mit Streu- und Verteilungsvorrichtungen zwecks gleichmäßiger Ausbreitung des Schlammdüngers auf dem Boden ausgerüstet sind und dadurch auf größere Entfernungen als die oben errechneten 12 km mit der Eisenbahn konkurrieren könnten. Nach Schätzungen könnte für einen Umkreis von 30 km — welche Zahl bereits früher als Kriterium für einen wirtschaftlich vertretbaren Transport genannt wurde — der Lastkraftwagenzug durchaus mit Erfolg Verwendung finden.

Die Verwendung von sogenannten Traktoren[78]), wie sie für die Münchener Anlage in Erwägung gezogen sind, dürfte wohl kaum eine nennenswerte Verschiebung in den Transportkosten mit sich bringen. Dem geringeren Verbrauch an Betriebsstoffen (Gummireifen fehlen!) steht eine geringere Leistung bei längerer Fahrzeit gegenüber.

Aus vorliegender Untersuchung kann somit zusammenfassend festgestellt werden: Der Lastkraftwagen ist bei Entfernungen bis zu 12 km im Umkreise der Kläranlage dem Eisenbahntransport vorzuziehen, insbesondere dann, wenn das Dunggut auf kürzerem Wege als bei der Eisenbahn und auf bereits vorhandenen Straßen zur Verwendungsstelle gelangt. Der wirtschaftliche Transportradius des Kraftwagens erhöht sich auf etwa 30 km in solchen Fällen, in denen eine Verbringung großer Mengen, etwa zu Kultivierungszwecken erfolgen soll und die Beschaffung einer größeren Anzahl zweckentsprechender Lastkraftwagenzüge mit Streuvorrichtung, also Spezialtransportfahrzeuge, gegeben erscheint. In allen übrigen Fällen ist der Eisenbahntransport vorzuziehen, wobei die Errichtung eines Anschlußgleises als selbstverständlich vorausgesetzt ist. Bedingung ist dann nur noch die Zubilligung eines angemessenen Eisenbahntarifes von seiten der Reichsbahngesellschaft, der die Zuteilung des Schlammdüngers, wie eingangs erwähnt, in Klasse F vorsieht. Für die Einführungszeit, also bis zum Bekanntwerden des Düngewertes von Klärschlamm in weiten Kreisen der Landwirtschaft, wäre allenfalls ein verbilligter Ausnahmetarif in Erwägung zu ziehen. Jedenfalls müssen Mittel und Wege gefunden werden, das unberechtigte Mißtrauen vieler Landwirte zu zerstören, was man zum Teil auch dadurch erreicht, daß das wirklich nützliche Düngemittel billig an die Verbraucher geliefert wird. Nachdem die Gemeinde- und Stadtverwaltungen den Klärschlamm an sich zu den denk-

---

[78]) Keppner a. a. O. (wie Anm. 52).

bar niedersten Preisen abgeben, ist die Niedrighaltung der Transportkosten von allergrößter Bedeutung.

9. Kapitel.

Schlammverwertungsprobleme und Zweckverbände.

Bestrebungen zur Ausnutzung gewisser Restprodukte städtischer Abfälle im Interesse der allgemeinen Volkswirtschaft und zur Verbilligung des eigenen Wirtschaftsbetriebes sind in den meisten Fällen stets vorhanden gewesen. Wo man die Verwertung solcher Abfallstoffe bisher vernachlässigte, wendet man ihr zum Teil in neurer Zeit erhöhte Aufmerksamkeit zu. Die auf diesem Gebiete erzielten Fortschritte stehen aber im Grunde genommen bis heute mit der Wichtigkeit des Problems in keinerlei Einklang. Die Grund hierfür ist zu suchen in den bereits mehrfach erörterten Schwierigkeiten, die die Materie mit sich bringt, die zwar zu überwinden sind, jedoch intensiver Forschertätigkeit und ausgiebiger praktischer Versuche bedürfen, andererseits aber vor allem in der Tatsache, daß für alle mit der Abfallbeseitigung sowohl als in erhöhtem Maße mit der Abfallverwertung zusammenhängenden Einrichtungen Kapitalien erforderlich werden, die bei der allgemeinen Notlage nur äußerst schwierig von den einzelnen Gemeinden beschafft werden können.

Wie die Entwicklung im rheinisch-westfälischen Industriegebiet zeigt, gibt es jedoch Mittel und Wege, eine Erleichterung dieser Aufgabe der Städte herbeizuführen durch Zusammenschluß von Gemeinden in gleicher Lage.

Die Aufgaben der Gemeinden sind im Laufe der Zeiten stetig gewachsen. Dabei ist kein Ende abzusehen, sondern viel eher ein Fortschreiten zu konstatieren und auch zu wünschen. Bei der Ausdehnung der städtischen Aufgaben stellt sich in wachsendem Maße das Bedürfnis für das einzelne Gemeinwesen heraus, Genossen zu suchen und mit diesen zusammen an die Lösung heranzugehen. Aber nicht nur untereinander müssen sich die Gemeinden zusammenschließen, sondern nach den jeweiligen Verhältnissen mit anderen Selbstverwaltungskörpern, wie Bezirke und Kreise, aber auch mit privaten Unternehmungen. Nicht neben- oder gegeneinander, sondern gemeinsam in großzügiger Weise soll an die Ausführung herangegangen werden in allen solchen Fällen, in denen der Einzelne zu schwach wäre, befriedigende Erfolge aus eigener Kraft zu erzielen.

Was hier im allgemeinen gesagt ist, gilt im besonderen von der Abwasserbeseitigung und Klärschlammverwertung.

Im Gesetz ist dieser Zusammenschluß durch das „Zweckverbandsgesetz vom 1. Oktober 1911" festgelegt. Leider entspricht dieses Gesetz nicht ganz den praktischen Anforderungen insofern, als es noch nicht den Zusammenschluß von Gemeinden mit privaten Unternehmungen auf öffentlichrechtlicher Grundlage gewährt. Immerhin ist jedoch ein Fortschritt gegenüber dem alten Recht dadurch, daß es für das ganze Staatsgebiet Geltung besitzt und den Kreisen und Gemeinden die Möglichkeit des Zusammenschlusses gibt.

In dem Zweckverband wird durch öffentliches Recht eine Form der Vereinigung geschaffen, auf Grund derer sich die an der gemeinsamen Wahrnehmung einer oder mehrerer bestimmter Aufgaben interessierten Gemeinden freiwillig oder nötigenfalls auf dem Wege des Zwanges nach Gründen der Zweckmäßigkeit jeweils zusammenschließen. Der Zweckverband steht unter Staatsaufsicht[79]).

Gegenüber dem alten Recht, das Provinzialrecht war und als Regel nur Vereinigungen und Zweckverbände von Landgemeinden und Gutsbezirken kannte, ist im Zweckverbandsgesetz von 1911 der Kreis der kommunalen Gebilde, die sich vereinigen können, bedeutend erweitert worden. Neu ist die Zusammenschlußmöglichkeit für Bürgermeistereien, Ämter, Städte und Landkreise und lediglich die Provinzen sind davon ausgenommen. Als Grund für den Ausschluß der Provinzen wurde die übergeordnete Stellung gegenüber den Gemeinden angesehen, was jedoch heute von mancher Seite als keineswegs stichhaltig und zweckmäßig angefochten wird. Daß auch die Beteiligung privater Unternehmer, wie bereits oben angeführt, an einem solchen Zweckverband als rechtlich nicht zulässig betrachtet wird, ist gleichfalls ein offensichtlicher Mangel.

Der Zusammenschluß von Gesellschaften des bürgerlichen Rechtes, Gesellschaften mit beschränkter Haftung und Aktiengesellschaften mit Gemeinden und Kreisen, der demnach normalerweise auf privatrechtlicher Basis erfolgen muß, kann jedoch auf dem Wege der Sondergesetzgebung öffentlichrechtlichen Charakter erhalten, wie es z. B. bei den großen wasserwirtschaftlichen Körperschaften des öffentlichen Rechts im rheinisch-westfälischen Industriegebiet der Fall ist[80]).

Dem Vorherrschen privater Unternehmungen zufolge haben im Westen Deutschlands die Zusammenschlüsse von Gesellschaften und

---

[79]) Selbach, Direktor des Ruhrtalsperrvereins, „Zweckverbände in Preußen", aus „25 Jahre Emscher-Genossenschaft", Essen (Selbstverlag der E.-G.), Nachdruck aus dem Werk: Luther, Mitzlaff, Stein, Die Zukunftsaufgaben der deutschen Städte, Berlin (Deutscher Kommunal-Verlag) 1922.

[80]) Selbach a. a. O.

Vereinigungen ungleich größere Bedeutung als die nach dem Zweckverbandsgesetz gegründeten öffentlichrechtlichen Körperschaften erhalten. Es erfolgten Vereinigungen von Städten, Gemeinden, Bürgermeistereien zusammen mit privaten Unternehmungen, und man hat sogar nicht vor Einbeziehung von Kreisen und Provinzen halt gemacht, wo es die Entwicklung der Verhältnisse erforderlich machte.

Daß in vielen Fällen ein Zusammenschluß nach dem Privatrecht vollauf genügt und zu demselben Ziele führt wie öffentlichrechtliche Körperschaft, steht außer allem Zweifel. Doch sind die mit dem Zweckverband verknüpften Vorteile keineswegs zu unterschätzen [81]). Es stehen ihnen zunächst einmal Steuerhoheitsrechte zur Deckung ihrer Bedürfnisse zu; die Einziehung der veranlagten Beiträge erfolgt im Verwaltungszwangsverfahren. Für ihre Einnahmen, ihr Vermögen, ihren Grundbesitz und ihre Anlagen besitzen sie Steuerfreiheit oder zumindest Steuervorrechte. Der dauernde Fortbestand ist auf solcher Grundlage gewährleistet, und außerdem erfreuen sich die Zweckverbände infolge der Steuerhoheit besonderer Kreditwürdigkeit. Die Staatsaufsicht dürfte viel eher als Vorteil statt als Nachteil aufzufassen sein, da sie Beziehungen zu Behörden aller Art mit sich bringt und eine Förderung der Zweckverbandspläne durch den Staat garantiert.

Aus diesen Gründen ist die Bestrebung privater Zusammenschlüsse, durch Sondergesetzgebung in den Genuß der gleichen Vorteile zu gelangen, durchaus begreiflich [82]).

Schon sehr früh hat sich gerade auf wasserrechtlichem und wasserwirtschaftlichem Gebiete die Notwendigkeit zu Zusammenschlüssen verschiedenster Art ergeben. Zur Förderung der Landeskultur, für Meliorationen und Hintanhaltung von Überschwemmungsschäden, zum Zwecke der Vorflutregelung und Abwasserreinigung. Die so gegründeten Körperschaften waren bisher mit der Abwendung künftiger Mißstände betraut, und nun kam als neue Aufgabe zufolge der starken Zunahme der Bevölkerung und Bebauung die wirtschaftliche Unterbringung der Abfallstoffe hinzu.

Die Vorteile dieser Vereinigungen, sei es nun nach öffentlichem oder privatem Recht, für die Frage der Abfall-, insbesondere Klärschlammverwertung leuchtet ohne weiteres ein. Viel eher als einer einzelnen Gemeinde wird es einer Reihe von Gemeinden, die an den gleichen Flußläufen in dichter Folge gelegen sind, möglich sein, den Wasserlauf vor Verunreinigungen zu schützen und gemeinsam an die großzügige Sammlung und Reinigung der Abwässer heranzugehen. Wasserwerke

---

[81]) Vgl. Passon, G. m. U.
[82]) Selbach a. a. O.

aller Art zu Zwecken der Trink- oder Brauchwassergewinnung oder Wasserkraftausnützung dürften unschwer in den Kreis der Beteiligten hereinzubeziehen sein. Siedlungsgesellschaften, Vereinigungen zur Urbarmachung und Kultivierung von Ödland treten als weitere Interessenten zu den übrigen und nehmen an der Bildung des Zweckverbandes teil. Der Aufgabenkreis einer solchen Körperschaft ist außerordentlich groß und geht weit über den Rahmen des ursprünglich Beabsichtigten — Reinhaltung des Flusses — hinaus.

Die zweckmäßige Aufteilung des zwischen den einzelnen Gemeinden liegenden Landes, Anordnung neuer Wohngebiete und sonstiger Siedlungskerne obliegt diesem neugebildeten Verbande, da sich seine Zuständigkeit speziell auf zwischengemeindliches Gebiet erstreckt.

Die Besiedlung des platten Landes sowie die Aufstellung von Bau- und Wohnungsordnungen ist dem Einfluß des Verbandes unterworfen. Endlich ist der Verband befugt, wirtschaftliche Maßnahmen im Verbandsgebiet zur Erfüllung des Siedlungszweckes im Rahmen des Verbandsgesetzes durchzuführen. Als wichtigste Aufgabe wäre hier die wirtschaftliche Verwertung des aus den gereinigten Abwässern gewonnenen Klärschlammes zu nennen, der in erster Linie zu Düngungszwecken herangezogen werden soll. Ein solcher Verband ist stark genug, eingehende Versuche mit diesem Produkte anzustellen und zu prüfen, welche Verwendungsart die zweckmäßigste ist. Dann wird es immer möglich, den städtischen Abfallprodukten, vor allem dem Klärschlamm in der Volkswirtschaft den Platz anzuweisen, der ihm hinsichtlich seines inneren Wertes gebührt.

D. Schlußwort.

„Es ist Raubbau an unserer Bodenkraft, wenn die Städte sich vom Lande ernähren lassen und die zahlreichen Abfallnährstoffe dem Meere zufließen."

Oberreg.-Rat Christmann,
Landwirtschaftsministerium,
München.

In diesem Satz ist das ganze Bestreben dieser Arbeit zusammengefaßt, das dahin geht, den Nachweis der Verwertungswürdigkeit von Abfallstoffen aus den Städten, insbesondere von Klärschlamm darzutun und unter den Fachgenossen zur Mitarbeit zu werben. Mehr sparen, einfacher leben und alles irgendwie Verwertbare vollkommen ausnutzen heißt es, wenn wir von der übermäßigen Einfuhr freikommen, unsere Handelsbilanz aktiv gestalten und das Reich vor dem Bankerott be-

wahren wollen. Hebung der Ertragsfähigkeit des deutschen Bodens und Erzeugung aller Nahrungsmittel, die im Lande erzeugt werden können, muß heute als wichtigstes Erfordernis angesehen werden. Der für die Steigerung der Ertragsfähigkeit für die Landwirtschaft so notwendige Düngemittelbezug muß durch weitgehendste Maßnahmen gefördert werden. Die Herstellung eines brauchbaren, billigen Düngemittels aus dem Abwasserklärschlamm der Städte kann nicht unwesentlich zur Verbesserung der Produktion beitragen.

Die Unterbringung von Dungschlamm oder Mengedünger, der bei einer Stadt wie z. B. München in sehr beträchtlichen Mengen anfällt, erfordert zahlreiche Arbeitskräfte und schafft für die Beseitigung und Linderung der Arbeitslosigkeit zu seinem Teil günstige Perspektiven. Unermeßliche Beschäftigungsmöglichkeiten für Erwerbslose birgt das Klärschlammproblem. Aufbereitung und Transport, Zurichten des Geländes und Verteilung machen organisierte Gruppen von Leuten notwendig, ohne daß eine besondere Schulung oder Befähigung derselben notwendig wäre. Nicht die Bestell- und Erntearbeiten sind Aufgaben müßiger Stadtbewohner — dafür sorgt der Landmann schon selbst —, sondern durchgreifende Bodenverbesserungen, die man in die stille Zeit zwischen Saat und Ernte oder in den Winter verlegt, sowie Ödlandskultur, die das ganze Jahr betrieben werden kann, sind von dem Heer städtischer Arbeitsloser zu bewältigen. Es ist leider Tatsache, daß ein Drittel unserer Wiesen, nämlich 2 Millionen ha als ausgesprochen schlecht, versauert und versumpft anzusprechen ist. Allein in der Provinz Sachsen befindet sich ein zusammenhängendes Gebiet von 70 000 Morgen Wiesen, die bis 1920 unter Wasser standen. Ebenso liegt am Zusammenfluß der Oder und der Warthe zwischen Küstrin und Sonnenburg eine Fläche der fruchtbarsten Naturwiesen von etwa 20 000 Morgen, die der Trockenlegung bedürfen. Ein tüchtiger Schachtmeister kann auch mit ungelernten Leuten bald sehr gute Erfolge erzielen, zumal wenn ein beide Teile zufriedenstellendes Gedinge vereinbart wird und die Leute nicht wie sonst in der Landwirtschaft über weite unübersehbare Flächen zerstreut sind, sondern an einem Arbeitspunkte zusammengehalten werden können.

Unsere Ernährung muß unabhängig von Einfuhr im eigenen Lande mit allen Kräften gefördert werden. Ist es da nicht naheliegend, daß zumindest die jüngeren, unverheirateten Erwerbslosen zu Ödlandskulturarbeiten zusammengefaßt werden und damit die staatliche Fürsorge in eine für die Allgemeinheit nutzbringende verwandelt wird.

Allerwärts sind weite Strecken unfruchtbaren Landes, das der Urbarmachung harrt: Im Klärschlamm und Mengedünger sind uns Hilfsmittel zur Kultivierung gegeben.

Somit liegt es durchaus nahe, zum Schlusse noch einmal auf die Wirtschaftlichkeitsbestrebungen bei der Münchener Kläranlage zu verweisen, die in Anbetracht der bahnbrechenden Bedeutung als hervorragendes Beispiel für viele deutsche Städte dienen können. Handelt es sich doch dabei um effektive Auswirkungen der Klärschlammverwertungspolitik, also um Tatsachen, die wegen des zum Teil problematischen Charakters vorliegender Abhandlung besonders angenehm in Erscheinung treten und all dem vorstehend Erörterten einen greifbaren Hintergrund abgeben dürften.

Das unfern der Kläranlage gelegene städtische Gut Großlappen wurde durch Zupachtung weiterer großer Ländereien auf eine landwirtschaftlich nutzbare Fläche von rund 450 Tagwerk gebracht. Darunter befinden sich 100 Tagwerk Ödland, die mit Hilfe von Schlammdünger in Kultur genommen werden. Der Anfall des Klärschlammes beziffert sich täglich auf 60 cbm. Die Verbringung auf die Äcker erfolgt mit einem eigens konstruierten Maschinensatztraktor nebst Streuwagen, durch dessen mechanische Vorrichtung der Inhalt eines Streuwagens von 5 cbm in 3 Minuten selbsttätig gleichmäßig zwei Zentimeter stark auf die Oberfläche gebracht wird. Mit dem anfallenden Klärschlamm kann also täglich etwa ein Tagwerk beschlammt werden.

Die Auswirkung der Beschlammung der Felder auf Wachstum und Fruchtansatz der Feldfrüchte ist auffallend günstig. Es erklärt sich daraus, daß im Klärschlamm gerade die wertvollsten Pflanzennährstoffe (Stickstoff, Phosphorsäure) viel reichlicher enthalten sind als im Stallmist. Besonders auffallend tritt die günstige Wirkung der Schlammdüngung in Erscheinung auf einer Reihe von Versuchsfeldern, bei denen sich die stark unterschiedliche Wachstumsentwicklung bei Hafer, Gerste, Mais, Kartoffeln und Rüben — je nach Anwendung der Schlammdüngung, Stallmist oder Kunstdünger — unmittelbar gegenübersteht. Nicht nur die Wachstumsgröße zeigt sich bei Schlammdüngung als um das Doppelte gesteigert, sondern auch die Fruchtmenge. Ganz bedeutend kann der wirtschaftliche Nutzeffekt noch erhöht werden, wenn zur Schlammdüngung noch die Beregnung der Feldfrüchte und Wiesen mit Klärwasser hinzutritt, da im Klärwasser etwa 80% der wertvollsten Dungstoffe des Abwassers in feinverteiltem und gelöstem Zustande enthalten sind.

Auch die bisher nur versuchsweise Auffangung der in den Faulräumen der Kläranlage entstehenden Methangase hat überraschend gute Erfolge gezeitigt. Durch Überwölbung einer der 16 Faulräume und Anbringung von Auffang- und Ableitungsvorrichtungen konnten — entsprechend der zunehmenden Temperatursteigerung — sich ständig steigernde Gasmengen ermittelt werden. So nahm die Tagesmenge von

190 cbm im Mai auf 380 cbm im Juni und 410 cbm im Juli zu. Die planmäßige Gewinnung des Methangases bei allen 16 Becken dürfte den günstigen Erfolgen entsprechend der nächste Schritt in der wirtschaftlichen Nutzung der Münchener Abwasserkläranlagen sein.

Die augenblickliche Zeit ist freilich wegen ihrer Geldknappheit recht wenig geeignet, solche Pläne allerwärts zu verwirklichen. Keinesfalls darf dies jedoch ein Grund dafür sein, die Hände müßig in den Schoß zu legen, sondern es muß immer und immer wieder auf Mittel und Wege gesonnen werden, trotz aller Schwierigkeiten zum Ziele zu kommen.

Es ist nicht das Ziel dieser Arbeit, falsche Hoffnungen hinsichtlich der wirtschaftlichen Verwertung des Klärschlammproduktes zu erwecken. Was als unrentabel erkannt und von den Fachgenossen auf Grund reicher Erfahrungen verworfen wurde, soll von treubesorgten Stadtvätern nicht wieder mit neuem Eifer aufgegriffen werden. Gemeint sind hier die Bestrebungen hinsichtlich der Nutzung der Heizkraft durch Brikettierung und Vergasung sowie die Gewinnung von Fett. Es kann nicht eindringlich genug davor gewarnt werden, neue gewagte Experimente auf diesen Gebieten vorzunehmen, nur um eine größtmöglichste Nutzung der Abfallstoffe zu erzielen.

Aber andererseits darf keinesfalls außer acht gelassen werden, daß sich eine intensive Forschertätigkeit auf den anderen, in dieser Abhandlung vorgetragenen Gebieten immer lohnen wird.

Als bescheidene Anregung soll vorliegende Arbeit angesehen werden, in der zum ersten Male in Form eines Überblicks versucht ist, den Werdegang der Verwertungsbestrebungen darzulegen und Fingerzeige sowie Richtlinien für die zweckmäßigste Weiterentwicklung des Klärschlammnutzungsproblems zu liefern.

Literatur.

1. Handwörterbuch der Staatswissenschaften. Bd. 6 (Kapitel „Hochmoorkultur").
2. Handwörterbuch der Staatswissenschaften. Bd. 2 („Innere Kolonisation").
3. Braun und Dade, Arbeitsziele der deutschen Landwirtschaft nach dem Kriege. Berlin (Paul Parey) 1918.
4. Caro-Berlin, Die Torflager als Kraftquellen. Danzig (Verlag A. W. Kafemann) 1906.
5. Benetsch, Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Torfmoore und Wasserkräfte.
6. Stumpfe, Die Besiedlung der deutschen Moore. Leipzig und Berlin 1908.
7. Hoffmann, Internationale agrartechnische Rundschau 1914 Heft 8.
8. Gerlach, Illustrierte landwirtschaftliche Zeitung 1916 Nr. 48.
9. Ehrenberg, Journal für Landwirtschaft 1915 S. 379.
10. Vogel, Die Schicksale der Fäkalien in kanalisierten und nichtkanalisierten Städten. Handbuch der Hygiene Bd. 2 Abt. 1, Jena (G. Fischers Verlag) 1894.
11. Heiden, Die Verwertung der städtischen Fäkalien. Hannover (Philipp Cohens Verlag) 1885.
12. Meyer, Die Technik der Verbrennung und Energiegewinnung aus Abfallstoffen. Leipzig (F. Leinewerbers Verlag) 1919.
13. Virchow, Kanalisation oder Abfuhr? Berlin (Reimers Verlag) 1869.
14. Keppner, Die Münchener Abwässer. München 1921.
15. Sautter, Die Abfuhr und Verwertung der Fäkalstoffe in Stuttgart. Stuttgart (W. Kohlhammers Verlag) 1880.
16. Dunbar, Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage. 2. Aufl. München und Berlin (Oldenbourg Verlag) 1912.
17. Strell, Wirtschaftliche Verwertung städtischer Abwässer. München (Josef Völkers Verlag) 1918.
18. Imhoff, Fortschritte der Abwasserreinigung. Berlin (Carl Heymanns Verlag) 1925.
19. Spillner, Die Trocknung des Klärschlammes. Mitteilungen der Landesanstalt für Wasserhygiene (Springer, Berlin) Heft 14, 1910.
20. Imhoff, Die Verwertung des Methans aus Faulräumen. „Gas- und Wasserfach" vom 8. 12. 1923.
21. Blunk und Sierp, Gewinnung und Verwertung des Gases aus Faulräumen städtischer Kläranlagen. Ges.-Ing. vom 7. 10. 1923.
22. Sierp, Über den Dungwert von Faulschlamm und Frischschlamm. Technisches Gemeindeblatt vom 15. 4. 1924.
23. Spiegelberg, Beseitigung und Verwertung des Klärschlamms aus städtischen Abwässern. Öffentl. Gesundheitspflege 1917 Heft 8.

24. Schury und Bujard, Der Torfbreiklärversuch der Stadt Stuttgart in der Kohlebreianlage zu Tegel bei Berlin. Mitteilungen der kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung Heft 8.
25. Bechhold, Fett aus Klärschlamm und die Beseitigung der Rückstände. Chemiker-Ztg. 1915 Nr. 129.
26. Jenckel, Die Versuchsanlage in Kassel. Chemiker-Ztg. 1915 Nr. 78.
27. Bechhold und Voß, Zur Fettgewinnung aus Abwasser. Zeitschrift für angew. Chemie 1908.
28. — Abwasserfett und Abwasserschlamm. Ges.-Ing. 1908 Nr. 47.
29. Hönig, Versuche mit Brunnenklärschlamm. Ges.-Ing. 1910 Nr. 1 u. 2.
30. Nübling, Klärschlammverbindung und Müllverbrennung in Verbindung mit Gaswerken. Ges.-Ing. 1915 Nr. 22.
31. Schwaab, Die Beseitigung und Verwertung des Klärschlammes aus städtischen Abwässern. „Der städtische Tiefbau" 1916 Nr. 3 u. 4; „Gas und Wasser" 1916 Heft 1 und 2.
32. — Die Trocknung des Schlammes aus städtischen Kanalisationsanlagen. „Der städt. Tiefbau" 1915 Nr. 9.
33. Koschmieder, Wärmetechnische Ausnutzung und Vergasung der Abfallstoffe. Techn. Gemeindeblatt 1905 Nr. 19.
34. Trommeter, Die Moor- und Ödlandskultur im Dienste der Volksernährung. München, Landesanstalt für Moorwirtschaft.
35. — Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Torfindustrie. „Die Torfwirtschaft", Berlin, 1925 Nr. 22.
36. — Neuer Ausnahmetarif für Brenntorf. „Die Torfwirtschaft" 1925 Heft 8.
37. Halter, Die Wettbewerbsfähigkeit der Eisenbahnen mit dem Lastkraftwagen. Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1925 Nr. 24.
38. Selbach, Zweckverbände in Preußen. Aus dem Werk: Luther, Mitzlaff, Stein, Die Zukunftsaufgaben der deutschen Städte, Berlin-Friedenau (Deutscher Kommunal-Verlag) 1922.
39. Heilpern, Ungehobene Schätze. Deutsche allgemeine Zeitung, Beilage „Kraft und Stoff" 1926, Februar.
40. Platzmann, Produktive Verwertung der städtischen Abfallstoffe zu einem wirksamen Wirtschaftsdünger. „Das Grünland" Nummer vom 1. 10. 1924.
41. Scheven, Wirtschaftliche Ergebnisse beim Betrieb von Emscherbrunnen. Ges.-Ing. 1921 Heft 3.
42. Recovery of grease and fertilizius from sewage comes to the front. Eng. News Rec. 1918 Bd. 80 Nr. 7.
43. Warmbold, Landwirtschaft und Industrie. Fortschritte der Technik (München) 1925 Nr. 51 und 52.

Lebenslauf.

Ich bin geboren am 16. Juni 1900 zu Nürnberg als Sohn des Oberregierungsrates Ludwig Rentsch. Nach Besuch der Volksschule und des Realgymnasiums (1906—1918) erlangte ich das Reifezeugnis und trat in den Heeresdienst ein. Ich diente beim 3. bayr. Fußart.-Regiment, nach Kriegsende gehörte ich dem Freikorps Oberland als Freiwilliger an. Im Oktober 1919 bezog ich die Technische Hochschule München, erwarb im Jahre 1923 den akademischen Grad eines Diplom-Ingenieurs, im Jahre 1925 die Würde eines Dr.-Ing. Von 1923 bis 1927 studierte ich an der staatswirtschaftlichen Fakultät der Universität München.

Bernhard Rentsch.